

VŠB – Technická univerzita Ostrava Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Studium čistoty po odmaštění povrchu materiálu

*Study of Cleanness after Degreasing of
Surface Material*

Student:

Bc. Jurásek Zdeněk

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Kratochvíl Jan

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Zdeněk Jurásek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: Studium čistoty po odmašťování povrchu materiálu
Study of Cleanness After Degreasing of Surface Material

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti ekologických odmašťovacích prostředků.
2. Prostudujte vlastnosti povrchu substrátu před a po odmaštění.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce.
5. Zpracujte výsledky experimentálních prací do závěrečné zprávy.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Kratochvíl**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2018



podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15. 5. 2018



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Jurásek Zdeněk

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Potoční 2182/17
787 01 Šumperk

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JURÁSEK, Z. *Studium čistoty po odmaštění povrchu materiálu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 83 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kratochvíl.

Diplomová práce se zabývá studiem čistoty po odmaštění povrchu materiálu. V teoretické části práce, jsou popsány možnosti a metody odmašťování, v další části se seznámíme s odmašťovacími prostředky, které se na odmaštění povrchu používají. V experimentální části se zaměříme na studium a hodnocení vlivu odmaštění povrchu pomocí odmašťovacího prostředku. Návrh metodiky prací a jejich vyhodnocení je zpracováno ve formě textu, fotografií a tabulek.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

JURÁSEK, Z. *Study of Cleanness after Degreasing of Surface Material: Diploma Thesis*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 83 pp. Advisor master thesis: Ing. Jiří Kratochvíl.

The diploma thesis deals with the study of purity after degreasing the surface of the material. In the theoretical part of the thesis are described possibilities and methods of degreasing, in the next part we will get acquainted with degreasing agents, which are used to degrease the surface. In the experimental part we will focus on the study and evaluation of the effect of surface degreasing with degreasing agent. Proposal of the methodology works and their evaluation is presented in the form of photos and spreadsheets.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	9
ÚVOD.....	10
1. VLASTNOSTI ZNEČIŠTĚNÉHO POVRCHU	11
1.1. Druhy nečistot a vazby s povrchem.....	11
1.1.1. Chemická vazba.....	11
1.2. Druhy nečistot.....	12
1.2.1. Ulpělé nečistoty	12
1.2.2. Vázané nečistoty.....	12
2. ODMAŠŤOVÁNÍ	13
2.1. Odmašťování v alkalických roztocích	13
2.1.1. Přehled alkalických odmašťovacích přípravků	17
2.1.2. Zařízení pro odmašťování:	18
3. ODMAŠTUVJÍCÍ PŘÍPRAVKY	24
3.2 Odmašťující přípravky od firmy Pragochema.....	24
3.2 Odmašťující přípravky od firmy Everstar.....	27
3.3 Odmašťující přípravek od firmy Sunshine Makers, Inc	30
3.4 Odmašťující přípravek použitý v experimentální práci	32
4. ZKUŠEBNÍ METODY PRO STANOVENÍ ČISTOTY POVRCHU	33
5. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	34
6. POPIS A PROVEDENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	35
6.1 Výběr, příprava a značení experimentálních vzorků	35
6.1. Použité přístroje a zařízení.....	35
6.1.1 Mitutoyo SJ-301	35
6.1.2 OHAUS Pioneer PA214C	36
6.1.3 EUTECH pH 5+	36
6.1.4 Sušící pec.....	36

6.3	Měření zkušebních vzorků před odmaštěním	37
6.3.1	Stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu ČSN EN ISO 4287 ..	37
6.3.2	Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3	38
6.3.3	Vážení vzorků váhou OHAUS Pioneer PA214C	40
6.3.4	Měření zkušebních vzorků digitálním posuvným měřítkem	40
6.3.5	Pokrytí vzorku olejem	41
6.3.6	Vážení naolejovaných vzorků	41
6.3.7	Měření drsnosti naolejovaných vzorků	41
6.4	Odmaštění vzorků v ZVOP.....	42
6.4.1	Sušení	42
6.5	Měření zkušebních vzorků po odmaštění	42
6.5.1	Vážení vzorku po odmaštění	42
6.5.2	Měření drsnosti po odmaštění	43
6.5.3	Měření povrchového napětí po odmaštění	43
6.5.4	Návrat vzorků do dalšího cyklu.....	43
7	VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ	44
7.1.	Výsledky měření pomocí hmotnostního úbytku a drsnosti	44
7.1.1	Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 100%.....	45
7.1.2	Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:10	47
7.1.3	Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:50	49
7.1.4	Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:100	51
7.1.5	Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:150	53
7.1.6	Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 100%	55
7.1.7	Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:10.....	57
7.1.8	Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:50.....	59
7.1.9	Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:100.....	61
7.1.10	Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:150.....	63

7.2.	Výsledky měření pomocí povrchového napětí	65
7.3.	Výsledky měření pomocí Makrosnímku.....	66
8	Vyhodnocení experimentálních zkoušek	67
8.1	Hodnocení čistoty pomocí metody hmotnostního úbytku	67
8.2	Změna drsnosti v závislosti na čistotě povrchu	71
8.3	Hodnocení čistoty pomocí metody povrchového napětí.....	73
8.4	Hodnocení čistoty pomocí metalografie	74
8.5	Vyhodnocení zaprášenosti vzorků	74
11	ZÁVĚR.....	75
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
13	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
14	SEZNAM TABULEK	79
14	SEZNAM GRAFŮ	81

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Veličina	Popis	Jednotka
Ra	střední aritmetická úchylka profilu	[μm]
lr	základní délka	[mm]
Rz	největší výška profilu	[μm]
Zp	výška výstupku profilu	[μm]
Zv	hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rp	největší výška výstupku rofilu	[μm]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rsk	šikmost posuzovaného profilu	[μm]
Rku	špičatost posuzovaného profilu	[μm]
L	délka měřeného úseku	[mm]
Rq	průměrná kvadratická úchylka profilu	
λ_c	filtr profilu	
[μm]	mikrometr	
pH	stupnice kyselosti a zásaditosti	
ČSN	česká státní norma	
EN	evropská norma	
ISO	mezinárodní norma	
T	teplota [$^{\circ}$]	
Fe	železo	
S	síra	
Mn	mangan	
C	uhlík	
P	fosfor	

ÚVOD

Odmašťování patří k nezbytným chemickým úpravám povrchu před nanášením povlaků. Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění nečistot ze substrátu, jejich následné převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich návratu na povrch. Je jednou z částí procesu předúpravy před lakováním a závisí na něm kvalita dalších prováděných prací.

Jednou z nejdůležitějších vlastností odmaštěného podkladu je schopnost přilnout a zakotvit nanášený povlak. Povrch kovových dílů bývá někdy záměrně opatřen olejovým filmem, který chrání povrch před nežádoucími vlivy prostředí - korozí. Takto ochráněný povrch je nutné očistit před nanášením povlaku. Tyto úpravy mají význam především v odstraňování nečistot z povrchu odmašťovaného materiálu před jeho dalšími úpravami, které budou následovat.

1. VLASTNOSTI ZNEČIŠTĚNÉHO POVRCHU

1.1. Druhy nečistot a vazby s povrchem

Nečistoty, které chceme z povrchu odstranit, bývají velmi rozmanité a to jak po stránce chemické, tak po stránce struktury. Znečištění povrchu materiálu závisí na předchozím stavu zpracování a použití. Hlavním pojivem bývá mastnota, která drží nečistoty po hromadě jak vůči sobě tak vůči povrchu. Ten pak může být znečištěn prachem, třískami, stopami tavidel po sváření, zamaštěný, zkorodovaný, okujený, může jít o nečistoty živočišného původu, kvasné produkty, konzervační prostředky, či jiné nečistoty. Všechny následné operace, ať jde o nanášení nátěrových hmot, galvanické pokovování či smaltování, vyžadují optimální čistotu povrchu a závisí na ní kvalita a životnost následující povrchové úpravy. Z fyzikálněchemického hlediska jsou nečistoty na povrchu zakotveny, třemi různými typy vazeb: [2] [4]

- Chemická vazba
- Adheze
- Adsorbce

1.1.1. Chemická vazba

Chemické vazby vznikají mezi atomy kovu a atomy případně molekulami, které jsou v blízkosti. Jsou to zplodiny chemických přeměn - vrstvy oxidů, hydroxidů, uhličitánů, sulfidů, volné nebo vázané vody, nebo jiných chemických sloučenin. Nejčastější jsou vrstvy oxidů, které se vytvářejí za běžných teplot působením okolí, či za vysokých teplot například ve formě okují. Nečistoty vázané chemicky jsou odolnější a odstraňují se mechanicky (broušením, tryskáním, kartáčováním...) nebo chemicky (mořením). [2]

1.1.2. Adheze

Tuto přilnavosti způsobují molekulární přitažlivé síly, které jsou schopny k povrchu vázat částice, jako je prach, kovové třísky nebo jiné tuhé látky. Nečistoty mohou na povrchu ulpět také z mechanických důvodů, například vlivem drsného povrchu. [2]

1.1.3. Adsorbce

Adsorbční vazby rozdělujeme na fyzikální adsorpci, vzniká na základě Van der Waalsových přitažlivých sil a chemisorpci, která je tvořena chemickými vazbami, vazby jsou pevnější než u fyzikální adsorpce. Adsorbční vazba s kovovým povrchem se jen výjimečně vyskytuje u tuhých (krystalických) substancí, ale u rozpuštěných látek, kapalných a voskových, které nejsou rozpustné ve vodě, je její výskyt velmi častý. Příkladem těchto vazeb jsou tuky, oleje a jiné mastnoty. Ty mohou na povrchu ulpět samovolně, nebo mohou být součástí maziv nebo brousících a leštících past. [2]

1.2. Druhy nečistot

Nečistoty dělíme do dvou skupin:

- Nečistoty ulpělé
- Nečistoty vázané

1.2.1. Ulpělé nečistoty

Ulpělé nečistoty jsou k povrchu substrátu vázány adhezními a adsorbčními silami. Jsou to prach, mastnoty, zbytky brusných past po předchozích mechanických úpravách, nebo kovové třísky, karbon, slévárenský písek, vápno, malta, apod. Na povrchu jsou udržovány pouze fyzikálními silami a utváří vrstvy různých tloušťek. [1] [2]

1.2.2. Vázané nečistoty

Vázané (vlastní) nečistoty, jsou s povrchem spojeny chemickou vazbou, tedy chemisorbcí. Jde většinou o korozní zplodiny, které vznikají na povrchu materiálu chemickou přeměnou při reakci s prostředím. Vzniká tak převážně oxid daného materiálu. [1] [2]

2. ODMAŠŤOVÁNÍ

Odmašťování je součástí skupiny chemických úprav povrchů, kterými odstraňujeme všechny druhy ulpělých nečistot z povrchu materiálu, které jsou na povrchu vázány buď fyzikální adsorpcí (oleje), nebo adhezními silami (nečistoty, prach, kovové třísky, apod.). Úkolem odmašťujících prostředků jsou tyto nečistoty z povrchu uvolnit, převést je do roztoku nebo emulze a zabránit jim jejich návratu na povrch odmašťovaného materiálu. Podle způsobu použití a druhu odmašťujícího prostředku, tento proces dělíme na odmaštění: [1]

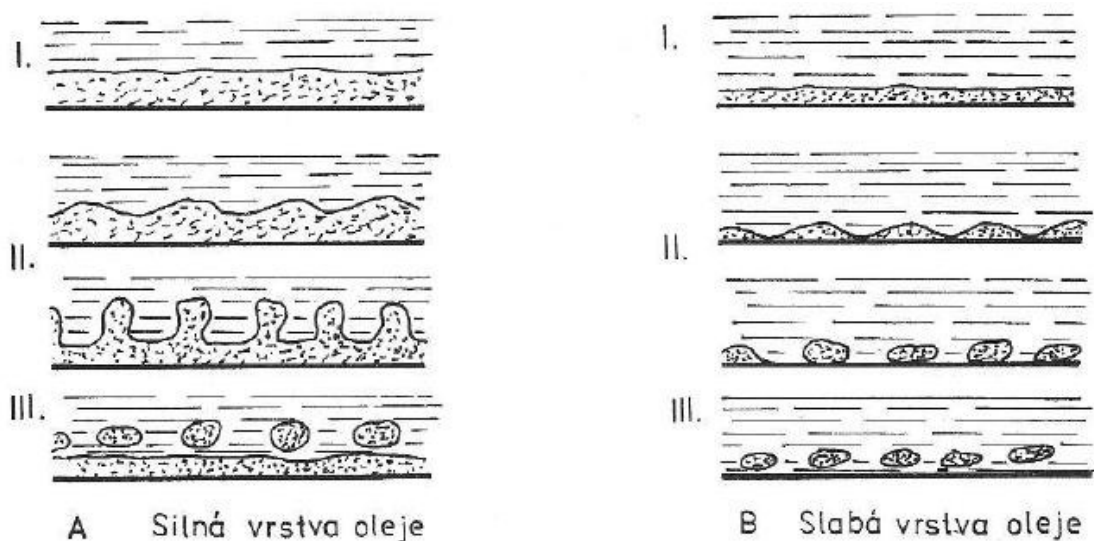
- V alkalických roztocích
- Organických rozpouštědlech (jsou nahrazovány neutrálními roztoky)
- Neutrální roztoky
- Elektrolytické odmašťování
- Emulzní odmašťování
- Vysokotlaké kapalinné odmašťování
- Opalování [1]

2.1. Odmašťování v alkalických roztocích

Odmašťování v alkalických roztocích patří mezi nejrozšířenější způsob čištění povrchů. Princip jakým dochází k odmaštění, je poměrně složitý. Jsou to fyzikální a fyzicko-chemické procesy, které provádí neutralizaci mastných kyselin a tyto kyseliny pak přecházejí do roztoku jako rozpustná mýdla. Díky jejich vyšší povrchové aktivitě, dochází ke snížení povrchového napětí mezi mastnotou a roztokem, což má příznivý vliv na kvalitu odmaštění. Tímto procesem odmašťujeme pouze živočišné a rostlinné tuky. [1].

Z důvodu horšího výsledku odmaštění povrchů od znečištění minerálními oleji, mazacími tuky a vosky, které se se nezmýdelňují, provádíme rozpouštění mastnoty za zvýšené teploty. Tím je umožněna emulgace malých kapiček tuků do roztoku odmašťovadla. [1]

Odmašťovací prostředky na alkalické bázi obsahují louh nebo sodu, fosforečnany, uhličitany, křemičitany, povrchově aktivní látky a k opětovnému shlukování tukových kuliček zabraňují emulgátory. [1]



Obrázek 1.: Schéma emulpace mastnoty [1]

I. souvislá vrstva mastnoty na povrchu kovu

II. postupné rozrušování souvislé vrstvy mastnoty roztokem

III. emulpace a dispergace mastnoty, odmašťovací roztok vytlačuje částice mastnot z povrchu materiálu

Z důvodu možnosti nechtěné hydrolýze mýdla, je nutné, aby měl roztok dostatečnou alkalitu ($\text{pH} > 10,2$), ale zvýšením alkality se zvyšuje pravděpodobnost koroze, a to zejména lehkých a barevných kovů. Z tohoto důvodu se do roztoku přidávají křemičitany, které umí možnou korozi potlačit. Teplota roztoku při postřiku by měla být alespoň $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pro lehké a barevné kovy v rozmezí $70 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při odmašťování ponorem, by teplota měla přesáhnout hranici $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a doba ponoru něco mezi $5 - 10$ minutami. Tato doba závisí na stupni znečištění. Pokud by odmaštění bylo nedostačující, doporučuje se aplikovat 20 minut trvající dvoustupňové odmašťování a provádět mezioplachy teplou a studenou vodou. [1,2]

Přednost alkalického odmašťování spočívá v ekonomické a technologické výhodnosti ve spojení s dalšími předúpravami (moření, fosfátování do průběžných linek). Z bezpečnostního hlediska je nutnost zajistit dokonalé odsávání výparů, které vznikají v odmašťovacích lázních. [1]

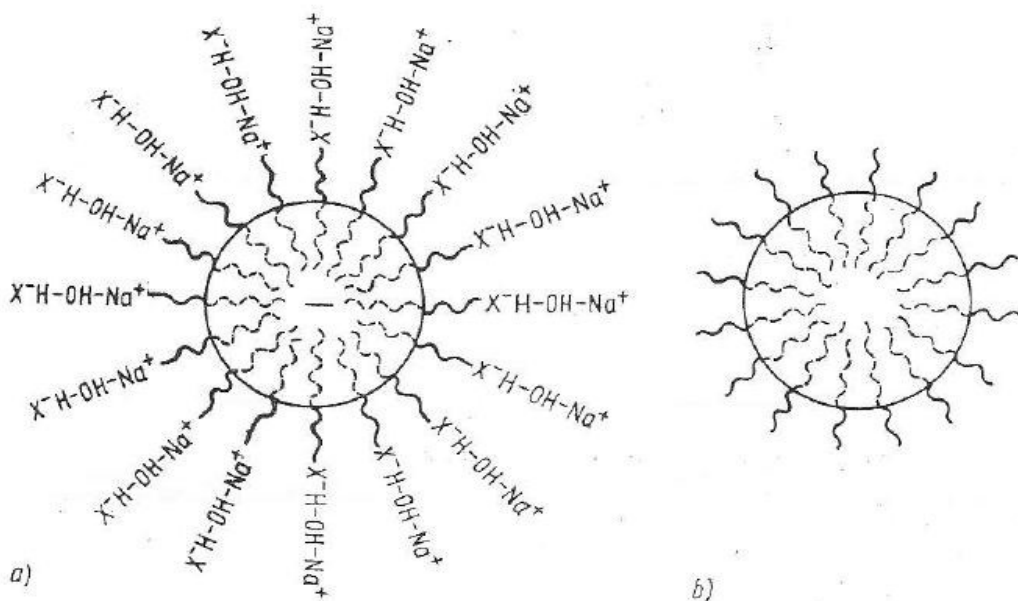
V dnešní době, se od odmašťovacích přípravků, které obsahují hydroxid sodný, fosforečnan sodný, nebo křemičitany upouští a jejich alkalické složky jsou nahrazovány

boritany a polyfosfáty. Dále pak moderní prostředky obsahují povrchově aktivní látky, jako jsou anionaktivní tensidy alkylarylsulfonového typu, nebo neionogenní tensidy například alkylpolyglykoléter, případně nejnovější amfolytické, nejčastěji používané betainového typu. Aplikací těchto povrchově aktivních látek došlo k výraznému zkvalitnění a urychlení procesu odmaštění a to i při použití nižších pracovních teplot. Použitím tensidů umožnilo snížit energetickou náročnost a odejít od vysokých hodnot pH přechodem na roztoky, které jsou slabě alkalické až neutrální, případně lehce kyselé. [1]

Přehled jednotlivých prostředí

pH: [2] Rozsah pH: 0 – 14

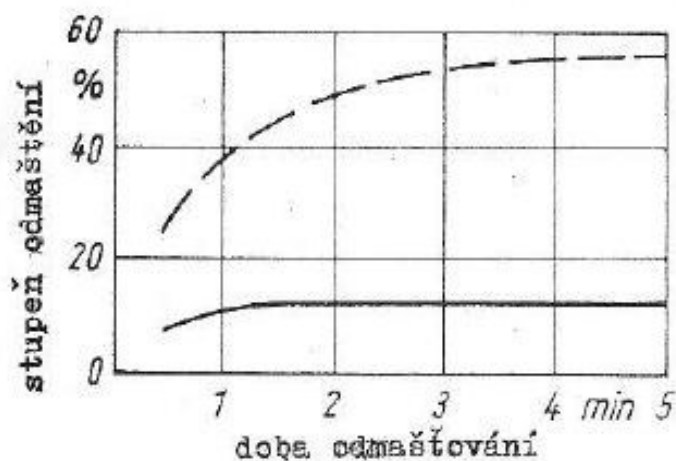
- pH < 7 – kyselé prostředí
- pH = 7 – neutrální prostředí
- pH > 7 – alkalické prostředí



Obrázek 2.: Schematické znázornění olejové kapky v tensidovém odmašťovacím prostředí [1]

- a) anioaktivní tensidy
b) ionneaktivní tensidy

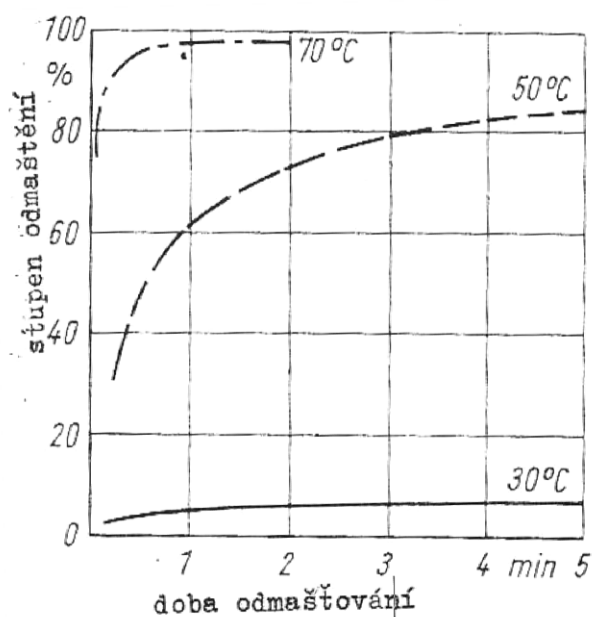
lipophilní část molekuly,
hydrophilní část molekuly



Graf 1.: Odmašťování v závislosti na teplotě [1]

Složení lázně:

- Teplota 98 °C
- 20 g.l⁻¹ NaOH, 30 g.l⁻¹ Na₂CO₃, 50 g.l⁻¹ Na₃PO₄ · 12H₂O
- Přerušovaná čára – s pohybem, souvislá – bez pohybu



Graf 2.: Stupeň odmašťování při stříkání [1]

Složení lázně:

- 6 g.l⁻¹ NaOH, 9 g.l⁻¹ Na₂CO₃, 15 g.l⁻¹ Na₃PO₄ · 12 H₂O
- Pracovní tlak: 0,25 MPa

2.1.1. Přehled alkalických odmašťovacích přípravků

Tabulka 1.: Přehled odmašťovacích přípravků [1]

označení	charakteristika	koncentrace [kg/100l]	prac. teplota [°C]	expozice [min]
Synalod 55	středně účinný odm.prostř. bez tenzidů, vhodný pro aplikaci ponorem a postřik- kem na ocel	1 - 5	85 - 90	ponor 3 - 5 postřik 1 - 2
Synalod 80	středně alk.přípravek pro ponorné odm. hliníku	5,5 - 5	80 - 90	5 - 8
Synalod 10	radikální alkal.přípravek pro ponorné a elektrolytic- ké odm.oceli a bar.kovů	3,5	80 - 90	3 - 7
Synalod 20	středně účinný alkal.odm. pro ponor a postřik na ocel a barevné kovy	3 - 8	80 - 95	2 - 5
Synalod 30	středně účinný alkal. odm. pro ponorné odm. oceli, bar. kovů a zinku	3 - 4,5	65 - 80	2 - 5
Synalod 40	univerzální alkal.odmašť. pro ponor a postřik, elektro- lytické odm. pro ocel a barev- né kovy	ocel 6 - 10	80	2 - 8
		bar.kovy 4 - 5	50	
Synalod 46	téměř neutrální univers. odm.pro odstranění sla- bých vrstev mastnot při nízkých teplotách	5 - 10	30 - 40	15 - 20
Synalod 3024	vysoce účinný přípravek s obsahem tenzidů, vhodný pro postřik na ocel a barevné kovy	ponor 1,2 - 2,5	60 - 80	3 - 6
		postřik 0,2 - 1,2		
Radalod	radikální alk.odm.pro ponor	1 - 7	80 - 95	1 - 10

Zbytky alkálií a nečistot, které zůstanou na samotném povrchu po odmaštění, je nutné odstranit oplachem. Oplach se provádí horkou vodou a to ponorem, nebo postřikem. Odmašťovací lázně je nutné udržovat, doplňovat chemikálie do vyčerpaných lázní, nebo odstraňováním nečistot a mastnoty z povrchu hladiny, například smýváním do přepadu. Nevýhodou alkalického odmašťování je likvidace odpadních vod v neutralizačních stanicích a v neposlední řadě vysoké nároky na energie. [1]

2.1.2. Zařízení pro odmašťování:

Vanové

Odmašťovací vany jsou seřazeny do linek, jsou vyrobeny z oceli a ohřev zajišťují topné registry. Jsou vybaveny odsávacím rámem s přepadem, pomocí kterého lze odstraňovat nečistot z hladiny. Předměty určené k odmaštění se ponořují do lázně jednotlivě nebo hromadně v koších. [1]

Postřikové

Tento způsob využívá kinetického účinku dopadající kapaliny. Je vhodný pro odmašťování sériových výrobků o větších rozměrech, nebo výrobky, které jsou silně zamaštěny. Pokud je mastnota ulpělá v pórech, doporučuje se použít ponor. [1]

Bubnové

Bubny jsou ponořeny do lázně a pomocí otáčení, se zaručí styk lázně se všemi částmi povrchu součástí. Je vhodné pro menší výrobky. Pokud je buben vybaven šnekovým dopravníkem je možné dopravit součásti dalšími prostory například oplachem a sušením.[1]

Odmašťování pomocí ultrazvuku

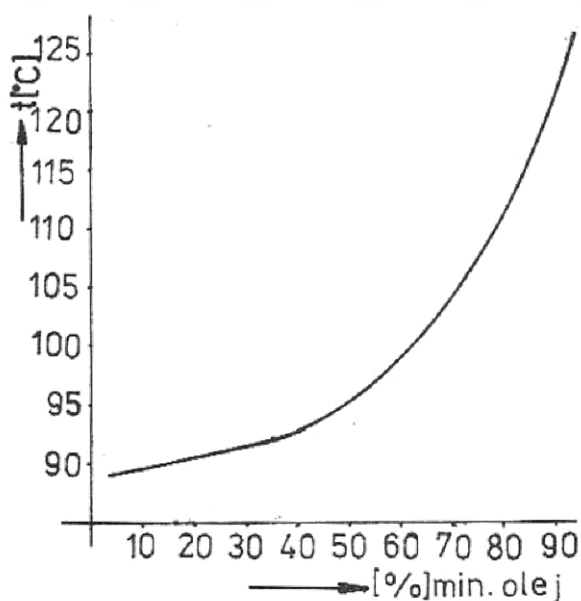
Používá se při čištění povrchu složitých profilovaných součástí. Vysokofrekvenční energie ultrazvukového generátoru je dodávána do nádrže s čisticí kapalinou, kde pomocí ultrazvukového měniče, dochází k přeměně elektrické energie na akustickou. Ta rozkmitává odmašťovací kapalinu a spolu s kavitačními účinky dochází k rozpuštění nečistot a rozrušení

oxidických vrstev na povrchu materiálu. Správnou polohu předmětů v ultrazvukovém poli, zajišťují vhodné koše, závěsy, palety, nebo pásové dopravníky. [2]

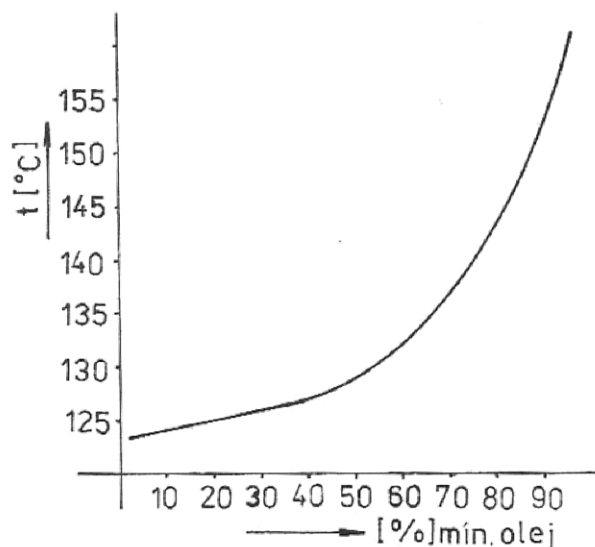
2.3 Odmašťování v organických rozpouštědlech

Tato technologie se používá hlavně tam, kde z různého důvodu, například napadání některých barevných kovů, není možno použít k odmaštění alkalické roztoky. Tato metoda čištění byla v minulosti velmi rozšířená, ale v dnešní době je stále častěji nahrazujeme neutrálními roztoky (podle BOS). Odmašťování je rychlé a jeho účinnost stoupá s teplotou odmašťovadla.[1,2]

Mezi organická rozpouštědla řadíme benzin, nafta, petrolej, anebo chlorované uhlovodíky, např. tetrachloretylén nebo častěji používaný trichloretylén. Je to bezbarvá, nehořlavá kapalina sladké vůně, která dobře rozpouští mastnoty, jako jsou vosky, živice, asphalt a dehet. Trichloretylén je velmi nebezpečným polutantem, na přímém slunečním světle se rozkládá a při vzniku kyseliny solné může způsobovat korozi. Při teplotách okolo 120 °C se rozloží za vzniku jedovatého fosgenu. Tento problém vzniká především při destilaci, která je nutná z důvodu regenerace rozpouštědla, viz obr. 5 a 6. Nepříjemná je jeho reakce s hliníkem a hořčíkem, ostatní kovy většinou nenapadá. [1,2]



Graf 3.: Bod varu směsi trichloretylénu a minerálního oleje [1]



Graf 4.: Bod varu směsi tetrachloretylénu a minerálního oleje [1]

Předností těchto prostředků je jejich schopnost rozpouštět hrubé vrstvy. Nevýhodou používání je hořlavost, dlouhé časy pro zasychání bez použití sušení a nemožnost likvidace vyčerpané lázně. Chlorované uhlovodíky budou z důvodů ekologické zátěže, nahrazeny přípravky na bázi alifatických uhlovodíků, neutrálními roztoky, nebo alkalickým odmašťováním. [1,2]

2.4 Elektrolytické odmašťování

Jde o nekvalitnější odmaštění, a z tohoto důvodu se používá jako poslední, před problematickými povrchovými úpravami, například galvanickém pokovování. Proces odmašťování je elektrolýza, kdy galvanickým proudem disociujeme látky alkalického roztoku, výsledkem je rozložení iontových částic na jednotlivé ionty. Čištěný předmět se připojí na katodu a působením elektrolýzy se na předmětu vytvoří silně alkalická zóna, která má vysokou aktivitu. Dochází též k vylučování alkalického kovu s vodíkem, kov je nestálý a ihned se slučuje s vodou na alkalický hydroxid (např. NaOH). Unikající bubliny vodíku pomáhají mechanickým způsobem odtrhávat ulpělé mastnoty. Vznikající vodík vniká pomocí difuze do povrchu odmašťovaného předmětu a způsobuje takzvanou vodíkovou křehkost. Pokud je odmašťovaný předmět zapojen na anodu, dochází k rozpouštění kovu, při kterém se vylučuje kyslík. Ten stejně jako vodík pomáhá svým mechanickým účinkem rozrušit odstraňovanou vrstvu. Odmaštění se provádí v ocelových vanách, které jsou vyloženy sklem.

[1] [2]

Největšího účinku dosáhneme, pokud se předměty umístěné na katodě budou odmašťovat déle než na anodě, toto odmašťování nazýváme katodicko-anodické, Nejlepší časový poměr je asi 3:1. Bipolární odmašťování je nejvhodnější na odstraňování nečistot z pásu plechů, drátů v průběžných linkách [1] [2]

Pro elektrolytické odmašťování používáme dva základní druhy lázní:

Kyanidová lázeň (Cupronit I, III)

- Složení lázně: NaOH 30 g/l, NaCN 10 g/l, NaCO₂ 60 g/l.
- Pracovní podmínky: teplota 18 – 20 °C, proudová hustota 5 – 8 A/dm²
- Velmi účinné odmašťování, obtížná neutralizace a prudká jedovatost.

Bezkyanidová lázeň (sůl H, U)

- Složení lázně: hydroxid sodný 15 g/l, fosforečnan sodný 55 g/l, kalcinovaná soda 30 g/l
- Pracovní podmínky: teplota 80 °C, proudová hustota 20 – 30 A/dm²
- Sůl H- pro ocelové výrobky
- Sůl U- pro ocelové, mosazné a měděné výrobky

2.4.1. Přehled používaných přípravků pro elektrolytické odmašťování:

Synalod 40 Pracovní teplota u toho přípravku je 80 °C, používá se pro katodický i anodický cyklus za proudové hustoty 10 A/dm². Napětí by mělo být v rozmezí 7 – 9 V. Násada 6 – 10 kg/100l. [2]

Synalod 60 pro katodový cyklus.

Synalod 65 pro anodový cyklus.

Synalod 70 pro anodový cyklus.

Synalod 500 pro elektrolytické odmašťování současně s odrezivěním . [1]

2.5 Odmašťování v neutrálních roztocích

Jsou to vodní roztoky saponátů, které svým působením snižují povrchové napětí rozpouštědel a usnadňují tak odstranění nečistot z povrchu materiálu. Jsou určeny na čištění předmětů velkých rozměrů při ruční aplikaci přípravku. Z důvodu pěnění, se tyto přípravky nehodí na ponorné a postřikové odmašťování. [1]

Inovací těchto přípravků jsou pěny s kapalným disperzním prostředím. Za pomoci speciálního postřikového zařízení, lze snadno proudem z trysky postřikové pistole, čistit i těžko přístupné plochy. Lze tak dosáhnout poměrně velkých výkonů za provozně nízkých nákladů. [1]

2.6 Odmašťování v emulzních roztocích

Jsou to směsi organických rozpouštědel, které obsahují emulgátory (trietanolové mýdlo), smáčedla, alkálie, inhibitory a vodu. Aplikace se provádí nátěrem, ponorem, nebo postřikem. Přípravky se používají na hrubé nečistoty. Rozpuštění mastnoty umožňuje emulgátor, který zároveň zajistí její odplavení s vodou při oplachu. Nejznámější přípravky jsou Arva, a Retil. Problémem je náročné čištění odpadních vod. [1]

2.7 Odmašťování opalem

Mastnota se z povrchu materiálu odstraní zahřátím na teplotu 300 °C až 700 °C. Dojde k přeměně mastnoty na plynné zplodiny, a průběhu procesu se tvoří plyny, např. oxid uhličitý, také dojde ke tvorbě vrstvy uhlíku a oxidu. Celý děj probíhá pod teplotou fázové přeměny A_{c1} . Po opalu se odstraní zbylé oxidické vrstvy mořením, nebo otryskáním.

Odmašťování opalem se používá na čištění velkoplošných plechových dílů. U tenkých plechů je potřeba dát pozor na nebezpečí deformace. Dále je nutné počítat s problémem rekrystalizace na povrchu materiálu, která je závislá na teplotě a době opalování. Je možné, že dojde ke změně velikosti zrna, oproti těm, která jsou blíže ke středu materiálu. Výhoda odmašťování opalem je ve značné efektivnosti, oproti předešlým způsobům odmašťování a to i z hlediska spotřeby lázní, místa atd... [2]

2.8 Vysokotlakové kapalinné odmašťování

Principem čištění je působení proudu vody o vysokém tlaku, který je až 60 MPa. Voda může obsahovat inhibitory, ale jinak se používá čistá. Velké pořizovací náklady na zařízení vyváží méně náročné čištění odpadních vod. Technologie je vysoce účinná a používá se hlavně na velké plochy. [1]

3. ODMAŠTUVJÍCÍ PŘÍPRAVKY

V dnešní době vyrábí odmašťující přípravky řada firem a při jejich výběru, je nutné vzít v úvahu jejich vlastnosti a použití. Z důvodů ekologických i ekonomických hledisek je důležité, aby daná technologie byla co nejefektivnější a do nákladů vzniklé provozem, zohlednit položky, které výrazným způsobem ovlivní náklady na odmaštění. Cena odmašťovacího prostředku, čas a teplota odmaštění, počet cyklů, cena likvidace použité lázně a neposlední řadě kvalita odmaštění, jsou při výběru důležité.

3.2 Odmašťující přípravky od firmy Pragochema

Pragolod Grato 12

Pragolod Grato 12 je kapalný, středně pěnivý tenzidový alkalický odmašťovací přípravek, s pasivačním účinkem a je vhodný pro čištění železných kovů, skla nebo keramiky. Přípravek obsahuje látky, které poskytují odmaštěnému povrchu, dočasnou protikorozi ochranu. Aplikuje se postřikem v komorových nebo průchozích postřikových strojích, pomocí vysokého tlaku páry, ručně natíráním, ponorem, i pomocí ultrazvuku a to při teplotě od 20 °C a výše. V případě požadavku dočasné protikorozi ochrany, je možné využít pasivačního účinku, který je doporučeno dávkovat v koncentraci 0,2 - 1,0 % do posledního oplachu před sušením povrchu.[5]

Pragolod 13

Pragolod 13 je kapalný, tenzidový alkalický odmašťovací přípravek, který má pasivační účinek. Je určený pro čištění oceli, litiny, skla a keramiky. Obsahuje absorpční inhibitory, které odmaštěnému ocelovému povrchu poskytují, dočasnou mezioperační protikorozi ochranu. Přípravek je vhodný pro strojní čištění (WAP), nebo do čistících stolů. Je určen především pro mezioperační odmašťování jako náhrada za rozpouštědlových odmašťovačů včetně chlorovaných uhlovodíků a je schopen pracovat i za nižších teplot. [5]

Pragolod 14

Pragolod 14 je určen pro postřikové a ponorové odmašťování oceli, litiny a omílání železných kovů. Neobsahuje anorganické složky, tím je snížena možnost tvorby úsůků na neopláchnutém povrchu substrátu. Je použitelný i pro pasivaci povrchu železných kovů po jiných odmašťovacích operacích, moření v kyselinách, nebo omílání ocelových předmětů se současnou pasivací. Je určen pro mezioperační odmašťování a čištění povrchu postřikem. Obsahuje nízkopěňivé povrchově aktivní látky, takže je vhodný pro strojní čištění, např. v zařízení WAP nebo v čistících stolech. Pro dosažení vyššího stupně protikorozi ochrany se používá koncentrace lázně v rozmezí 3 - 5 % a odmašťovaný povrch se u suší bez oplachu. Slouží jako náhrada rozpouštědlových odmašťovačů, včetně chlorovaných uhlovodíků a pracuje i při nižších teplotách. [5]

Pragolod 16

Pragolod 16 je tekutý slabě alkalický vodou ředitelný odmašťovací a čistící přípravek, na bázi směsi účinných tenzidů a fosforečnanů, změkčovačů vody a aktivních inhibitorů koroze. Je určen pro průmyslové odmašťování postřikem nebo ponorem, aplikace ultrazvukem v odmašťovacích linkách či strojích, dále k čištění a dekontaminaci tlakovými přístroji. Přípravek je určen pro čištění oceli a litiny a jiných kovů od nečistot hydrofobního charakteru, jako jsou konzervační oleje, vosky, mazací emulze, pasty apod. Inhibitory silně omezují vyluhování kobaltu ze slinutých karbidů a nástrojových ocelí. Odstraňuje i částice grafitu a karbidu. Přípravek se vyznačuje velmi rychlým odlučováním mastnot na hladině v zásobní vaně.

Pragolod 18

Téměř neutrální tenzidový odmašťovací přípravek pro aplikaci ponorem, postřikem, ručním nanášením i ultrazvukem na ocel, litinu, měď a hliník a jejich slitiny a také pro čištění lakovaných povrchů. [5]

Pragolod 20UF

Univerzální kapalný odmašťovací přípravek vhodný pro ponorové, či ultrazvukové odmašťování oceli, litiny, mědi a jejích slitin, hliníku a jeho slitin a částečně i lakovaných

povrchů. Složení přípravku umožňuje plynulou regeneraci odmašťovací lázně ultrafiltrací nebo mikrofiltrací. [5]

Pragolod 22Ms

Kapalný odmašťovací přípravek kyselého charakteru, vhodný pro odmaštění austenitické korozivzdorné oceli, mědi a jejích slitin a výrobků z drahých kovů. Aplikuje se postřikem nebo ponorem s využitím ultrazvuku. Větší množství dobře biologicky odbouratelných tenzidů umožňuje dobré odstraňování zbytků brousících a leštících past z povrchu.

Pragolod 32

Kapalný silně alkalický středně emulgující odmašťovací přípravek vhodný pro regeneraci odmašťovací lázně odlučovačem mastnot či mikrofiltrací. Je určen pro ponorové, postřikové a ultrazvukové odmašťování oceli a litiny. [5]

Pragolod 44

Je tekutý odmašťovací, čistící přípravek. Je vhodný pro odmašťování oceli, litiny a omezeně i hliníku a jeho slitin. Přípravek je použitelný i pro čištění lakovaných povrchů. Doporučuje se však provést test na snášenlivost. Přípravek obsahuje složky, které odmaštěnému povrchu poskytnou mezioperační protikorozní ochranu. Přípravek je směs anorganických, organických sloučenin a neionogenních tenzidů s velmi dobrou biologickou rozložitelností. Obsahuje účinné nízko pěnlivé tenzidy, takže je vhodný pro aplikace ponorem, postřikem, pro tlakové mytí, nebo odmaštění pomocí ultrazvuku. [5]

Pragolod 46

Kapalný slabě alkalický odmašťovací a čistící přípravek, vhodný pro odmašťování oceli, litiny, hliníku a jeho slitin, mědi a jejích slitin. Přípravek je použitelný i pro čištění lakovaných povrchů, chromátovaných pozinkovaných předmětů, skla a keramiky. Obsahuje účinné nízkopěnlivé tenzidy, takže je vhodný pro aplikace ponorem, postřikem, pro tlakové mytí pomocí zařízení typu WAP, nebo odmaštění pomocí ultrazvuku. Průmyslové

odmašťování ve vanách, komorových nebo průchozích postřikových odmašťovacích strojích. [5]

Pragolod 710

Tekutý přípravek pro hrubé čištění oceli a litiny tlakovými přístroji. Složení přípravku zajišťuje i odstraňování silných vrstev hydrofobního charakteru z čištěného povrchu. [5]

Pragolod 780

Tekutý slabě alkalický, vodou ředitelný odmašťovací a čistící přípravek. Je určen pro čištění různých druhů kovových i nekovových povrchů od nečistot hydrofobního charakteru jako jsou např. konzervační oleje, vosky, mazací emulze, pasty apod. mobilními tlakovými přístroji (např. Wap, Kärcher, Kränzle apod.), pro aplikace postřikem nebo ponorem v odmašťovacích linkách či strojích, ale je použitelný i pro ruční mytí. Přípravek je vhodný pro čištění všech druhů kovových materiálů (ocel, litina, měď, hliník a jejich slitiny apod.) i nekovových povrchů (sklo, keramika, plast). Používá se pro odmašťování výrobků a polotovarů, pro čištění pracovních strojů a zařízení nebo dalšího vybavení v průmyslových provozech a dílnách. [5]

3.2 Odmašťující přípravky od firmy Everstar

Star Bright

Průmyslový, kapalný, vysoce účinný, odmašťovací prostředek pro čištění a odmašťování leštěných i matných povrchů. Velmi dobře odstraňuje leštící pasty. Odmašťuje se ponorem případně s podporou ultrazvuku. [6]

Star BS

Neutrální, kapalný prostředek určený k čištění a odmašťování barevných kovů, zinku, hliníku a litiny převážně v jedno a vícekomorových postřikovacích zařízeních. Je silně

deemulgační a lázeň vykazuje dlouhou životnost. Tím jsou sníženy náklady na čištění odpadních vod. Velmi dobrý odmašťovací účinek, neobsahuje soli ani sekundární aminy a komplexotvorné látky jako EDTA a NTA a má pasivační účinky. [6]

Star OSI

Slabě alkalický, kapalný prostředek určený k čištění železných, kovů případně k čištění nekovových povrchů např. sklo, plasty apod. v postřikových, namáčecích a ultrazvukových zařízeních. Odstraňuje veškeré mastné a pevné nečistoty. Vhodný k čištění po třískovém a beztrískovém obrábění. Obsahuje speciální přísadu zamezující usazování vodního kamene na topných spirálách a tryskách. Je deemulgační, neobsahuje křemičitany, obsahuje inhibitory koroze pro všechny kovy a neobsahuje komplexotvorné látky jako EDTA a NTA [6]

Star S 300 N

Průmyslový, vysoce účinný, vodou ředitelný přípravek určený k čištění silně a středně znečištěných povrchů. Je určený pro odstraňování ropných zbytků, olejů, dehtů a dalších nečistot (ocel, litina, nerez). Je určen na ruční čištění, do namáčecí vany, ultrazvukové pračky a na postřik nízkotlaký i vysokotlaký. [6]

Star S 300 N

Průmyslový, vysoce účinný, vodou ředitelný přípravek určený k čištění silně a středně znečištěných povrchů. Je určený pro odstraňování ropných zbytků, olejů, dehtů a dalších nečistot (ocel, litina, nerez). Je určen na ruční čištění, namáčecí vany, ultrazvukové pračky postřik a na postřik nízkotlaký i vysokotlaký.[6]

Star FORTE

Průmyslový, kapalný, silně alkalický, nepěnivý prostředek, určený k odmaštění železných kovů. Vhodný pro odstraňování vrstev. Je určen na ruční čištění, do namáčecí vany, ultrazvukové pračky a na postřik nízkotlaký i vysokotlaký. [6]

Star RAPID

Průmyslový, kapalný, vysoce účinný, kyselý odmašťovací přípravek na železo a ocel a rovněž (za jistých podmínek) na hliník a mosaz v odmašťovacích a mořicích zařízeních.

Použití jako namáčecí odmašťovač $5 \pm 0,5\%$, zesílení mořícího účinku v kyselině solné 2 až 10% a čištění hliníku 2 až 3%. [6]

Star AC 10

Průmyslový, kapalný, kyselý, vysoce účinný odmašťovací přípravek na železné a barevné kovy. Je určen jako namáčecí prostředek a pro ultrazvukové pračky. Vlastnosti: odstraňuje rez, brzdový prach a kysličníky barevných kovů, nenapadá běžné laky, sklo a umělé hmoty, rozpouští vápenné usazeniny a zbytky letovacích past. [6]

Star AC 20

Průmyslový, kapalný, kyselý, odmašťovací a čistící nepěňivý prostředek, určený pro postřikovací operace. Spolehlivě odstraňuje silné nánosy mastnoty. Vhodný pro železné i neželezné kovy. Má vynikající schopnost odstraňování silných mastnot a působí jako vyjasňovač hliníku bez poškození povrchu. [6]

Star AC 31BA

Průmyslový, kapalný, kyselý, odmašťovací a čistící nepěňivý prostředek, určený pro postřikovací operace. Spolehlivě odstraňuje silné nánosy mastnoty. Určený hlavně pro barevné kovy a hliník. Má vynikající schopnost odstraňování silných mastnot a působí jako vyjasňovač hliníku bez poškození povrchu. [6]

Star AC 31 SBA

Průmyslový, kapalný, kyselý, vysoce účinný odmašťovací přípravek. Spolehlivě odstraňuje silné nánosy mastnoty. Určený hlavně pro barevné kovy a hliník. Odstraňuje rez, brzdový prach a kysličníky barevných kovů, rozpouští vápenné usazeniny a zbytky letovacích past. [6]

Star UZ

Průmyslový, kapalný, vysoce účinný, téměř neutrální odmašťovací přípravek na ocel, sklo, nerez, hliník, barevné kovy, zinek, lakované plochy pro technologii ultrazvuk a

namáčení (ponor). Nenapadá železo, barevné kovy, hliník, zinek, sklo a lakované plochy, zanechává na ošetřených materiálech jemný hydrofobní film, který má účinek ochrany proti korozi. Odstraňuje oleje a tuky a rovněž pigmentové znečištění (saze, grafit, brusné leštící pasty, kovový otěr, a jiné). [6]

FOStar UNI

Je kapalný přípravek určený pro současné odmašťování, zároveň k vytvoření povlaku fosfátu / do 1 g/m / na oceli, hliníku a zinku. Vytvoří se účinná pasivační vrstva, která je vhodná jako adhezní i jako antikoroziní mezivrstva pod nátěry všeho druhu. Ocel může být odmašťována společně s jinými kovy, neboť tyto se odmastí bez vytvoření povlaku. Je velmi vhodný jako odmašťovací přípravek na barevné kovy. Prostředek lze použít pro všechny druhy odmašťovacích operací/ ponor s pohybem lázně, postřik, ruční tlakové mytí. Je určen pro středně zamaštěné povrchy. Velmi vhodný pro krátkodobou pasivaci. [6]

FOSTAR PLUS

Je kapalný přípravek určený pro současné odmašťování a zároveň k vytvoření povlaku fosfátu (do 1 g/m) na oceli. Vytvoří se účinná pasivační vrstva, která je vhodná jako adhezní i jako antikoroziní mezivrstva pod nátěry všeho druhu. Ocel může být odmašťována společně s jinými kovy, neboť tyto se odmastí bez vytvoření povlaku. Lze použít pro všechny druhy odmašťovacích operací, ponor s pohybem lázně, postřik, ruční tlakové mytí. Vhodný pro krátkodobou pasivaci. Dávkování: pro čištění a odmašťování 2 – 3%, pro fosfátování 2 – 3%, pro pasivaci 0,5 – 1%. [6]

3.3 Odmašťující přípravek od firmy Sunshine Makers, Inc

Simple Green Extreme Aviation

Jedná se o průmyslový, vysoce účinný, vodou ředitelný, čistící a odmašťovací přípravek. Používá se ke všeobecnému čištění a odmašťování. Vhodný k odmašťování vysoce znečištěných povrchů. Splňuje nejvyšší bezpečnostní kritéria vydaná firmou BOEING D6-17487P a výrobcem leteckých motorů Pratt & Whitney PWA 36604 Revision C. Přípravek je

vhodný k čištění kovových, plastových i lakovaných povrchů pomocí postřikovacích strojů, k tlakovému a ultrazvukovému odmašťování ve strojírenství, letecké i pozemní dopravě, aniž by došlo k poškození čištěných povrchů. [7]

Simple Green Extreme Aviation je nehořlavá, nepěnicí, neabrazivní a bezoplachová směs, bez barviv, parfému, teflonu a silikonu. Tato vysoce koncentrovaná směs je ředitelná studenou vodou až do poměru 1:200. Přípravek je aktivní při běžné dílenské, vysoce aktivní je v rozmezí 10 – 80 °C. Za těchto teplot dochází k úspoře energie. Přípravek není považován za produkt s obsahem organických rozpouštědel, jeho VOC (Volatile organic compound - těkavé organické sloučeniny) není nutno registrovat. Směs je velmi dobře biologicky 100 % odbouratelná do 28 dní, dle metody OECD 301-D. [7]

Směs je klasifikovaná podle směrnice jako nebezpečná - dráždivá. Koncentrát směsi může vyvolat podráždění kůže, očí a při požití i žaludku. [7]

Přípravek nahrazuje:

- Louh (hydroxid sodný, hydroxid draselný)
- Perchloethylen (perchlor)
- Trichlorethylen (trychlor)
- Toulén
- Xylen
- Aceton
- Arvu
- Technický benzín

Použití přípravku: Přípravek je vhodný pro ruční mytí, tlakové čištění, mytí ponorem, mytí v ultrazvukových myčkách. Také slouží jako náplň pro mobilní čisticí stroje. [7]

Doporučené ředění:

- Ruční mytí a odmašťování: 0,5 – 3,0 %
- Postřikové a odmašťovací stroje: 0,5 – 1,5 %
- Tlakové a ultrazvukové mytí: 1,0 – 2,0 % [7]

Všeobecné informace o složení: Směs je tvořena vodným roztokem tenzidů. Neobsahuje hydroxidy ani žádné soli. Je 100 % rozpustná ve vodě. Relativní hustota je 1,022 g/cm³. [7]
Hodnoty pH : 100 % koncentrát: 10,5 – 11,0 10 % roztok: 9,0 – 10,0 1 % pracovní roztok: 8,5 – 9,0 [7]

Likvidace pracovní směsi: Směs není nutno před likvidací neutralizovat. Po dohodě se správcem BČOV (Biologická čistírna odpadních vod) ji lze i zlikvidovat v čističce. Neobsahuje komplexotvorné látky, které negativně ovlivňují kalové hospodářství. [7]

3.4 Odmašťující přípravek použitý v experimentální práci

V souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2004/42/ES o omezování emisí těkavých organických sloučenin (VOC) jsou vyvíjeny nátěrové systémy s nižším obsahem VOC, které musí splňovat nové trendy ochrany životního prostředí. V této souvislosti s ohledem na ekologické aspekty dochází k tlaku na výrobce v oblasti odmašťovacích produktů, aby i nové odmašťovací systémy splňovaly ekologická kritéria a byly ohleduplné k životnímu prostředí.

V experimentální části diplomové práce byl použit pro odmašťování všech substrátů, zkušební vzorek nově testovaného odmašťujícího přípravku neznámého výrobce, který splňoval dle výrobce požadavky ochrany životního prostředí. Chemické složení testovaného odmašťovacího prostředku podléhalo výrobnímu tajemství.

Charakteristické vlastnosti experimentálního odmašťovacího prostředku použitého v experimentální části:

- Patří do řady ekologických odmašťovacích prostředků.
- PH 9,3
- Odmašťuje za studena do 40 °C

4. ZKUŠEBNÍ METODY PRO STANOVENÍ ČISTOTY POVRCHU

Ke kontrole kvality odmaštěného povrchu, používáme zkušební metody, které hodnotí, v jaké kvalitě byl povrch materiálu odmaštěn. Toto hodnocení je důležité, například při aplikaci následné povrchové úpravy.

4.1. Metoda porušení souvislého vodního filmu

Vzorek se opláchne roztokem 2 % H_2SO_4 , ponoří se do destilované vody, jakmile se vzorek vytáhne z vody, upevní se pod úhlem 45° a měří se do okamžiku porušení souvislého vodního filmu. Povrch se považuje za odmaštěný, pokud čas přesáhl 60 s. [10]

4.2. Postřiková metoda

Je založena na působení postřiku povrchu roztokem látky snižující povrchové napětí vody. Hodnotou je čas od začátku postřiku suchého povrchu do vytvoření souvislého filmu roztoku na plochu vyznačenou šablonou. Používá se pro nižší stupeň zamaštění. [10]

4.3. Hmotnostní metoda

Je založená na změření hmotnosti vzorku před a po jeho odmaštění, přepočtená na m^2 . Používá se pro vyšší plošnou koncentraci zamaštění. [10]

4.4. Fluorescenční metoda

Principem je fluorescence heterocyklických sloučenin, které jsou obsažené v tučích minerálního původu. Slouží na rychlé stanovení středních a vyšších koncentrací mastnoty. [10]

4.5. Metoda s využitím povrchového napětí kapalin

Povrchové napětí kapalin na povrchu materiálu je velmi důležité pro adhezi nanášeného povlaku. Měříme ho v mN/m , a pro jeho indikaci používáme testovací fixy nebo inkousty. Vzhledem k tomu, že testovací aplikace má jednoduché použití, je předurčená pro použití přímo u výrobní linky, pro rychlé a snadné zjištění kvality odmaštění. Sady fixy, nebo inkoustů jsou standartně odstupňované v rozsahu 28,4 až 56 mN/m . Při testování na odmaštěném vzorku, se zkoumá, zda se štětečkem vytvořená čára slije, nebo vytvoří kapky. [11]

5. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

1. Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků.
2. Stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287
3. Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3.
4. Měření zkušebních vzorků před nanesením oleje.
 - a) Změření rozměrů vzorků pomocí digitálního posuvného měřidla
 - b) Zvážení vzorků pomocí digitální váhy OHAUS Pioneer PA214C
 - c) Měření drsnosti pomocí digitálního měřidla Mitutoyo SJ-301
5. Měření zkušebních vzorků po nanesení oleje.
 - a) Aplikace oleje na zkušební vzorky
 - b) Zvážení vzorků pomocí digitální váhy OHAUS Pioneer PA214C
 - c) Měření drsnosti pomocí digitálního měřidla Mitutoyo SJ-301
6. Měření zkušebních vzorků po odmaštění.
 - a) Namíchání a měření Ph a teploty odmašťovacích lázní
 - b) Odmaštění vzorků v lázních
 - d) Zvážení vzorků pomocí digitální váhy OHAUS Pioneer PA214C
 - e) Měření drsnosti pomocí digitálního měřidla Mitutoyo SJ-301
 - f) Zkouška pomocí testovacích inkoustů
 - g) Čistota dle ISO 8501-1 Makrosnímek zvětšení 200x
7. Vyhodnocení výsledků měření
 - a) Hmotnostní metoda
 - b) Testovací inkousty
 - c) Drsnost
 - d) pH
 - e) Makrosnímek

6. POPIS A PROVEDENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

V této kapitole je popsán postup a provedení experimentálních prací.

6.1 Výběr, příprava a značení experimentálních vzorků

Substrát

Použitý substrát pro experimentální práce byl získán z VŠB. 15 ks. substrátu o rozměrech $100 \times 50 \times 1$ mm bylo neznámého původu a neznámého chemického složení. Substrát byl následně rozdělen ručními pákovými nůžkami na 30 ks. Každý kus byl opatřen otvorem o \varnothing 4 mm pro možnost zavěšení a na povrchu byl pro účel evidence vyrobených vzorků provedeno vyjiskřením označení čísla vzorku v rozsahu 1 až 30.

Odmašťovací prostředek

V experimentální části práce byl použit „nový testovací odmašťovací prostředek“ neznámého složení a neznámého výrobce, fungující na bázi ekologických odmašťovacích prostředků, který je značen v experimentální části ZVOP.

6.1. Použité přístroje a zařízení

V této kapitole jsou popsány přístroje a zařízení použité při experimentálních pracích. Jsou zde popsány jejich vlastnosti a schopnosti, měřit dané veličiny.

6.1.1 Mitutoyo SJ-301

Mitutoyo SJ-301 je přenosný měřič drsnosti s dotykovým LCD displejem a integrovanou termotiskárnou. Vypočítané křivky a naměřené hodnoty se odečítají na velkém LCD displeji. Přístroj se ovládá pomocí velkých tlačítek a dotykového displeje včetně tužky, pro nastavení podmínek měření. Do paměti přístroje je možné uložit až 5 různých podmínek měření, při rozšíření paměti pomocí karty, je možné uložit až 20, různých podmínek měření a souborů statistických dat. Přístroj odpovídá mezinárodním standardům DIN, ISO a ANSI. Výsledky

měření je možno přenést do počítače nebo je vytisknout přímo na tiskárně měřiče. Přístroj sloužící na měření drsnosti dle ČSN EN ISO 4287 [9]

6.1.2 OHAUS Pioneer PA214C

OHAUS Pioneer PA214C je navržena pro základní, praktické vážení a to v nej universálnějším prostředí (laboratorní, industriální a edukační aplikace). Součástí váhy je nerezové dno a vážený předmět se umísťuje na nerezovou vážicí plošinku. Před působením venkovních rušivých vlivů, je prostor vážení chráněn skleněným ochranným krytem. Změřené údaje jsou zobrazovány na podsvíceným LCD displeji, který zabezpečuje čitelnost naměřených údajů za špatné viditelnosti. Parametry vážení se nastavují pomocí velkých tlačítek. Mezi základní funkce váhy patří vážení, další je tárování, počítání kusů, procentní vážení, dynamické vážení a vážení pod váhou. Váha OHAUS Pioneer má maximální vážitelnost 210 g s přesností na 0,0001 g. Jednotky vážení jsou mg, g, ct a custom. Může měřit v teplotním rozsahu 10 °C až 30 °C a vlhkosti prostředí až 80 %. [12]

6.1.3 EUTECH pH 5+

EUTECH pH 5+ je přenosný pH metr s vestavěným měřič teploty. Jeho snadné použití a jednoduché ovládání ho předurčuje pro snadné kontroly pH v potravinářském průmyslu, zemědělství, hydroponii, bazénech a lázeňských zařízeních, při výrobě papíru a celulózy, v energetice (kotle, chladicí věže), pro kontrol kvality vody a ekologické studie. Ph metr má velký dobře čitelným LCD displej. Teplotu a pH měří v teplotním rozsahu 0 °C až 100 °C s rozlišením 0,1°C a pH měří v rozsahu 0 až 14 pH s rozlišením 0,01pH.

6.1.4 Sušící pec

Pro sušení testovacích vzorků, se v laboratoři VŠB používaná sušící pec s automatickou regulací teploty. Její příkon je 3 kW a provozní teplota je do 200°C. Byla vyrobena v závodech ZEZ (Závody elektrotepelných zařízení), v roce 1973.

6.3 Měření zkušebních vzorků před odmaštěním

V této kapitole se zabývám měření vzorků před odmaštěním, tedy stanovení drsnost, hodnocení zaprášení, vážení před a po zamaštění, měření velikosti vzorku a výpočet jeho plochy a další úkonů.

6.3.1 Stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287

Na jednom z třiceti vzorků byla změřena drsnost. Drsnost je soubor nerovností povrchu na relativně malé vzdálenosti, které vznikají buď při výrobě, nebo jiným způsobem. Důležité parametry: [9]

- R_a – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm],
- R_z – maximální výška profilu [μm],
- R_q – kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm],
- R_p – největší výška výstupku profilu [μm],
- R_v – největší hloubka prohlubně profilu [μm],
- R_{sk} – šikmost posuzovaného profilu,
- R_{ku} – špičatost posuzovaného profilu]

Měření drsnosti jsem provádět na dotykovém profilometru SURFTEST 301 od firmy Mitutoyo. Získané hodnoty jsou zobrazeny na obrazovce. Na zkoumaném vzorku provedu měření 5x v příčném, a 5x v podélném směru. Naměřené hodnoty zapisuji do tabulky č.2 a č3.

Tabulka 2.: *Parametry drsnosti vzorku – podélný směr*

Počet měření	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU - podélný směr. $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]							
	$R_a[\mu\text{m}]$	$R_z[\mu\text{m}]$	$R_q[\mu\text{m}]$	$R_p[\mu\text{m}]$	$R_v[\mu\text{m}]$	$R_{sk}[-]$	$R_{ku}[-]$	$R_{lo}[\text{mm}]$
1	1,12	3,46	1,31	2,63	2,32	0,32	2,21	0,804
2	1,06	3,24	1,24	2,57	2,53	0,16	2,24	0,804
3	0,98	3,71	1,23	3,36	2,33	0,50	3,03	0,803
4	1,06	3,88	1,20	3,39	2,41	0,54	2,85	0,807
5	0,98	3,52	1,17	2,64	2,27	0,24	2,37	0,804
Min	0,98	3,24	1,17	2,57	2,27	0,16	2,21	0,803
Max	1,12	3,88	1,31	3,39	2,53	0,54	3,03	0,807
Průměr	1,04	3,56	1,23	2,91	2,37	0,35	2,54	0,804


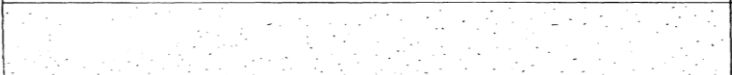


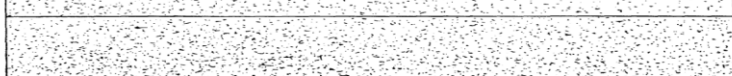
Tabulka 3.: *Parametry drsnosti vzorku – příčný směr*

Počet měření	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU – příčný směr $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]							
	Ra[μm]	Rz[μm]	Rq[μm]	Rp[μm]	Rv[μm]	Rsk[-]	Rku[-]	Rlo [mm]
1	0,89	3,21	1,07	2,50	2,02	0,24	2,61	0,802
2	0,99	3,40	1,20	2,47	2,66	0,06	2,75	0,803
3	0,92	3,48	1,16	2,92	1,92	0,80	3,41	0,802
4	0,91	3,27	1,10	2,55	1,82	0,53	2,48	0,802
5	0,92	3,58	1,13	3,38	2,24	0,48	2,78	0,803
Min	0,89	3,21	1,07	2,47	1,82	0,06	2,48	0,802
Max	0,99	3,58	1,20	3,38	2,66	0,53	3,41	0,803
Průměr	0,93	3,39	1,13	2,76	2,13	0,33	2,81	0,802

6.3.2 Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3

Před aplikací oleje, jsem u jednoho zkušební vzorku stanovil hodnotu zaprášení povrchu, dle normy ČSN ISO 8502-3. K vyhodnocení množství prachu na povrchu, jsem použil samolepicí adhezni pásku, kterou jsem přilepil na povrch zkušební vzorku. Pásku jsem přitlačil k povrchu a pomalým pohybem pod úhlem 180° strhnul. Poté jsem pásku nalepil na kontrastní papír a za pomoci lupy vyhodnotil, množství a velikost zachyceného prachu na pásce. Zjištěné hodnoty jsem porovnal s referenční tabulkou č. 4 a č. 5 a stanovil množství prachu a velikosti částic na povrchu vzorků. Výsledek zkoušky jsem zapsal do tabulky č. 6, To též bylo provedeno se vzorkem po odmaštění výsledky zapsáno do tabulky č.7



Tabulka 4.: *Referenční tabulka zaprášenosti.* [8]

	1
	2
	3
	4
	5



Tabulka 5.: Referenční tabulka: Třídy velikosti prachových částic [8]

TŘÍDA	POPIS PRACHOVÝCH ČÁSTIC
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem
2	Částice již viditelné prostým okem
3	Částice jasně viditelné prostým okem
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

Tabulka 6.: Zkouška zaprášenosti vzorků před odmaštěním.

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ ZAPRÁŠENÍ	VELIKOST PRACH. ČÁSTIC
Zaprášený č. 1 1 Zkouška		4	1
Zaprášený č. 1 2 Zkouška		2	3
Průměrné hodnocení		3	2

Tabulka 7.: Zkouška zaprášenosti vzorků po odmaštění.

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ ZAPRÁŠENÍ	VELIKOST PRACH. ČÁSTIC
Zaprášený č. 1 1 Zkouška		1	1
Zaprášený č. 1 2 Zkouška		1	1
Průměrné hodnocení		1	1

6.3.3 Vážení vzorků váhou OHAUS Pioneer PA214C

První vážení vzorků provedu před nanesením vrstvy oleje. Všechny vzorky budu vážit analytickou digitální váhou Ohaus Pioneer PA214C. Zkušební vzorek položím na měřicí desku váhy a zavřu skleněný kryt, ten zabraňuje víření vzduch v prostoru vážící desky a tím brání vzniku nepřesností. Po ustálení, jsem odečetl hodnotu a zapsal ji do tabulek

6.3.4 Měření zkušebních vzorků digitálním posuvným měřítkem

Před nanesením vrstvy oleje, jsem změřil rozměry vzorku a provedl výpočet povrchu. Změřené a vypočtené údaje jsem zanesl do tabulky č. 8.

Tabulka 8.: Tabulka s rozměry vzorků

Rozměry zkušebních vzorků									
Vz č.	X_1 [mm]	X_2 [mm]	Y [mm]	$S[m^2]$	Vz č.	X_1 [mm]	X_2 [mm]	Y [mm]	$S[m^2]$
1	49,86	49,68	50,27	0,0052040	16	51,10	49,43	50,27	0,0052547
2	49,04	50,38	50,39	0,0052100	17	51,14	47,65	50,39	0,0051776
3	50,51	52,01	50,40	0,0053703	18	51,84	49,36	50,40	0,0053025
4	49,45	49,20	50,49	0,0051805	19	51,32	48,41	50,49	0,0052361
5	50,01	51,54	50,44	0,0053246	20	50,80	50,29	50,44	0,0053009
6	51,66	50,87	50,41	0,0053719	21	53,00	52,71	50,41	0,0055354
7	49,48	50,78	50,48	0,0052623	22	50,32	48,15	50,48	0,0051702
8	52,11	49,77	50,54	0,0053520	23	50,63	48,57	50,54	0,0052138
9	50,24	48,42	50,40	0,0051719	24	49,91	48,25	50,40	0,0051462
10	50,02	49,33	50,42	0,0052094	25	49,63	48,71	50,42	0,0051575
11	51,11	50,14	50,45	0,0053102	26	49,65	49,87	50,45	0,0052212
12	50,82	51,01	50,24	0,0053182	27	51,52	51,04	50,24	0,0053557
13	46,72	49,96	50,30	0,0050603	28	49,81	48,78	50,30	0,0051583
14	51,43	51,05	50,43	0,0053714	29	49,75	48,80	50,43	0,0051693
15	45,92	49,60	50,44	0,0050144	30	50,52	48,06	50,44	0,0051718

6.3.5 Pokrytí vzorku olejem

Na všechny vzorky č. 1-15 jsem nanesl z obou stran vrstvu minerálního oleje, na vzorky č. 16-30 jsem použil olej řepkový, nanesení jsem provedl válečkem.

6.3.6 Vážení naolejovaných vzorků

Pro vážení naolejovaných vzorků jsem provedl malou úpravu. Na měřicí desku jsem položil dvě špejle vhodné délky a teprve na ně jsem pokládal měřené vzorky, důvodem byla možnost znečištění váhy olejem. Hmotnost obou špejlí se vynuluje, a po té je na ně položen vzorek. Po ustálení se odečetla hodnota, která se zapsala do tabulky.

6.3.7 Měření drsnosti naolejovaných vzorků

Měření drsnosti naolejovaných vzorků byly složitá záležitost. Bylo nutné, aby z měřeného vzorku nebyla setřena vrstva naneseného a zváženého oleje. Proto se snímací sonda drsnoměru, mohla vzorku dotýkat jen na nezbytných místech. V opačném případě by došlo

k setření oleje a byla by tím zavedena chyba, která by se projevila na výsledku váhového měření. Měření se provádělo v hodnotách R_a a R_z v příčném a podélném směru. Hodnoty se zapsaly do tabulek.

6.4 Odmaštění vzorků v ZVOP

Samotné odmaštění vzorků jsem provedl v odmašťovadle ZVOP. Tento odmašťovací prostředek jsem naředil v šesti různých koncentracích vody a odmašťovadla a to v poměru 1:0, 1:10, 1:50, 1:100 a 1:150. Odmašťovadlo se ředilo smícháním s destilovanou vodou o teplotě 23 °C z deseti litrového kanystru. Tyto směsi se pak postupně nalily do kádinky, ve které probíhalo odmaštění.

Odmaštění jsem provedl ponorem a v 800 ml skleněné kádince. Víření směsi obstaral míchací stojan IKA RW 16 basic, počet otáček byl nastavený ovládacím prvkem, na hodnotu č.2.

Po 0,5, 3, 5, 10 a 15, minutách se vždy tři vzorky z lázní dané koncentrace vyjmuly, nechali se krátce okapat a následně byl proveden oplach pod mírně tekoucí studenou vodou.

6.4.1 Sušení

Ihned po oplachu, byly odmaštěné vzorky vloženy na 15-20 minut do sušící pece, Teplota v peci byla nastavena na hodnotu 80 °C. Vzorky byly pravidelně rozvěšeny pomocí háčků na nosné tyči.

6.5 Měření zkušebních vzorků po odmaštění

V této kapitole jsem měřil parametry vzorků po odmaštění

6.5.1 Vážení vzorku po odmaštění

Vážení vzorků po odmaštění, probíhalo stejně jako vážení mastných, tedy přes ochrannou podložku ze špejlí. Důvodem je, že většina vzorků byla stále znečištěná olejem.

6.5.2 Měření drsnosti po odmaštění

Vzhledem k tomu, že toto měření bylo na vzorku poslední, nebylo nutné zavádět zvláštní opatření z důvodu utření oleje z povrchu zadní strany a bylo provedeno standartním způsobem, Ra, Rz, příčně i podélně.

6.5.3 Měření povrchového napětí po odmaštění

Předposledním testováním vzorků bylo nanesení testovacího inkoustu na odmaštěný vzorek, inkoust byl nanesen štětečkem ve tvaru linky a jejím zkoumáním byla určena kvalita odmaštění. Po nanesení inkoustu hodnotou 38 mN/n jsem pozoroval jeho reakci s povrchem. Potud došlo shluknutí inkoustu do kapiček (linka se rozpadla), použil jsem inkoust o stupeň nižší. Pokud se linka nerozpadla, použil jsem inkoust o stupeň vyšší. Tímto postupem jsem zjistil velikost zbytkového zamaštění. Sada použitá k testování, disponovala rozsahem od 32mN/m až 44mN/m.

6.5.4 Návrat vzorků do dalšího cyklu

Po ukončení měření se celá sada 15 ks. vzorků odmastila v koncentrátu odmašťovače, délka odmaštění byla závislá na váze vzorku, odmašťoval jsem až do původní váhy před zamaštěním. V době kdy se použitá sada připravovala na další cyklus měření, pracoval jsem s druhou sadou vzorků.

7 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

Výsledky hodnot měření byly zpracovány a zapsány do příslušných tabulek, pro lepší názornost, byly sestaveny grafy některých výsledných hodnot. Pro výpočet hmotnostního úbytku byl použit vzorec:

$$\Delta m_u = \frac{m_t - m_i}{S} \quad [g \cdot m^{-2}]$$

Pro výpočet zbytkového zamaštění byl použit vzorec:

$$\Delta m_z = \frac{m_i - m_0}{S} \quad [g \cdot m^{-2}]$$

m_0	Původní hmotnost vzorku	Δm_u	Hmotnostní úbytek
$\bar{\Delta m_u}$	Průměrný hmotnostní úbytek na m^2	m_i	Hmotnost odmaštěného vzorku
S	Plocha	m_t	Hmotnost zamaštěného vzorku
$\bar{\Delta m_z}$	Průměrné zbytkového zamaštění na m^2	Δm_z	zbytkové zamaštění

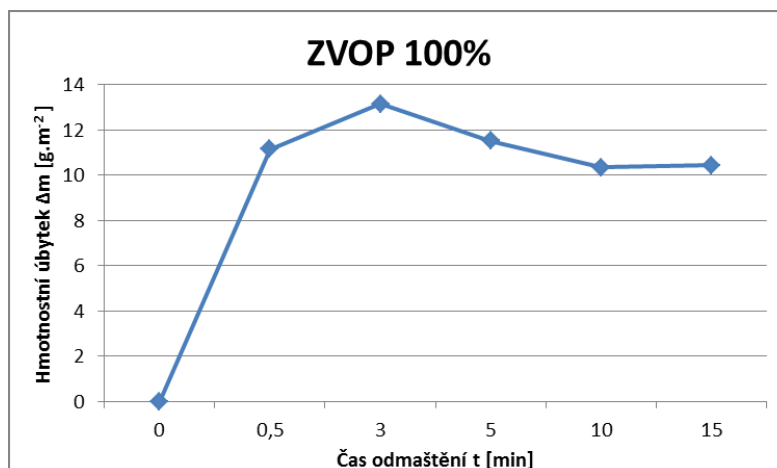
7.1. Výsledky měření pomocí hmotnostního úbytku a drsnosti

Příslušné vzorky jsem po osušení a vychladnutí zvážil a změřil jsem jejich drsnost. Výsledky měření vzorků zamaštěných minerálním olejem, jsem zapsal do tabulek č. 9 až č. 13. Vzorky zamaštěné rostlinným olejem, jsem zapsal do tabulek č. 14 až č. 18. Měření drsnosti je v tabulce č. x.

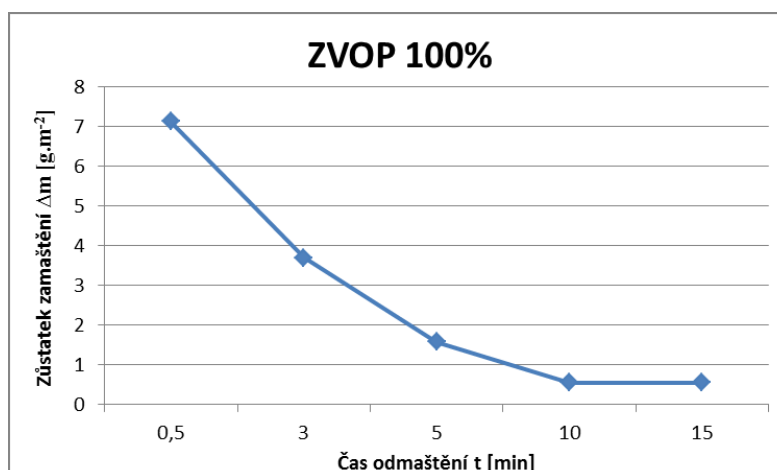
7.1.1 Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 100%

Tabulka 9.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 100%

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 100% -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\varnothing m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7098	19,7939	19,7321	0,0618	0,0052040	11,87558	11,15890
2	0,5	19,6917	19,7992	19,7503	0,0489	0,0052100	9,38584	
3	0,5	20,2271	20,3243	20,2587	0,0656	0,0053703	12,21527	
4	3	19,4831	19,5914	19,4952	0,0962	0,0051805	18,56975	13,14951
5	3	19,6431	19,7302	19,6673	0,0629	0,0053246	11,81307	
6	3	20,234	20,3054	20,2567	0,0487	0,0053719	9,06572	
7	5	19,8025	19,8778	19,8128	0,065	0,0052623	12,35191	11,51968
8	5	20,0583	20,1236	20,0598	0,0638	0,0053520	11,92083	
9	5	19,492	19,5582	19,505	0,0532	0,0051719	10,28631	
10	10	19,5089	19,5645	19,5094	0,0551	0,0052094	10,57700	10,35008
11	10	20,0481	20,1099	20,0559	0,054	0,0053102	10,16908	
12	10	20,1487	20,2041	20,1493	0,0548	0,0053182	10,30414	
13	15	19,0377	19,0956	19,0408	0,0548	0,0050603	10,82943	10,44556
14	15	20,2068	20,2689	20,2107	0,0582	0,0053714	10,83515	
15	15	18,5298	18,581	18,5325	0,0485	0,0050144	9,67209	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění při odmaštění ZVOP 100% -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\varnothing m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7098	19,7939	19,7321	0,0223	0,0052040	4,28520	7,13901
2	0,5	19,6917	19,7992	19,7503	0,0586	0,0052100	11,24766	
3	0,5	20,2271	20,3243	20,2587	0,0316	0,0053703	5,88418	
4	3	19,4831	19,5914	19,4952	0,0121	0,0051805	2,33570	3,70211
5	3	19,6431	19,7302	19,6673	0,0242	0,0053246	4,54493	
6	3	20,234	20,3054	20,2567	0,0227	0,0053719	4,22570	
7	5	19,8025	19,8778	19,8128	0,0103	0,0052623	1,95730	1,58371
8	5	20,0583	20,1236	20,0598	0,0015	0,0053520	0,28027	
9	5	19,492	19,5582	19,505	0,013	0,0051719	2,51357	
10	10	19,5089	19,5645	19,5094	0,0005	0,0052094	0,09598	0,55922
11	10	20,0481	20,1099	20,0559	0,0078	0,0053102	1,46887	
12	10	20,1487	20,2041	20,1493	0,0006	0,0053182	0,11282	
13	15	19,0377	19,0956	19,0408	0,0031	0,0050603	0,61261	0,55700
14	15	20,2068	20,2689	20,2097	0,0029	0,0053714	0,53990	
15	15	18,5298	18,581	18,5324	0,0026	0,0050144	0,51850	



Graf 5.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 6.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

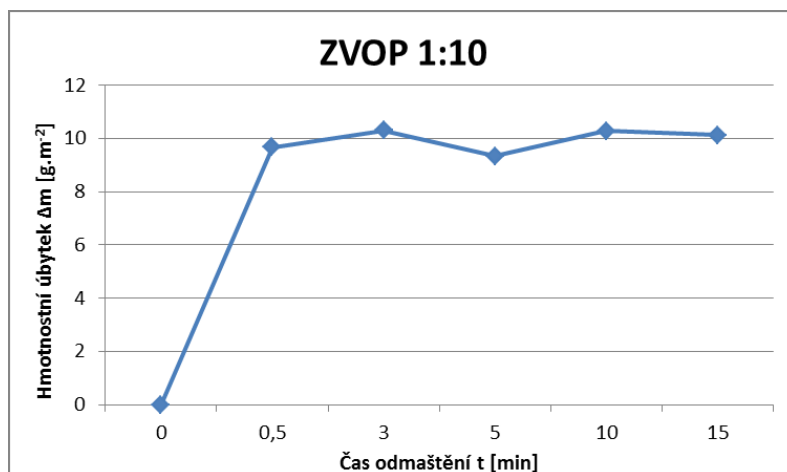
Tabulka 10.: Výsledky měření drsnosti, odmaštění - koncentrace 1:100

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 100% -minerální olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μ m]					Rz[μ m]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,92	0,94	0,88	0,85	0,81	3,46	3,51	3,24	3,14	3,04
	2	0,68	0,83	1,04	1,05	1,38	3,02	3,69	3,56	3,98	4,35
	3	0,79	1,25	0,84	1,18	0,87	3,26	3,42	3,83	3,56	2,76
Příčný směr	4	0,99	0,81	0,94	0,9	0,77	3,45	3,33	3,49	3,27	3,87
	5	0,93	0,72	1,14	0,84	1,10	3,44	2,89	3,37	3,87	2,96
	6	0,61	0,86	0,83	1,06	0,91	3,16	3,70	3,53	3,45	4,27
Průměrná hodnota		0,82	0,90	0,95	0,98	0,97	3,30	3,42	3,50	3,55	3,54

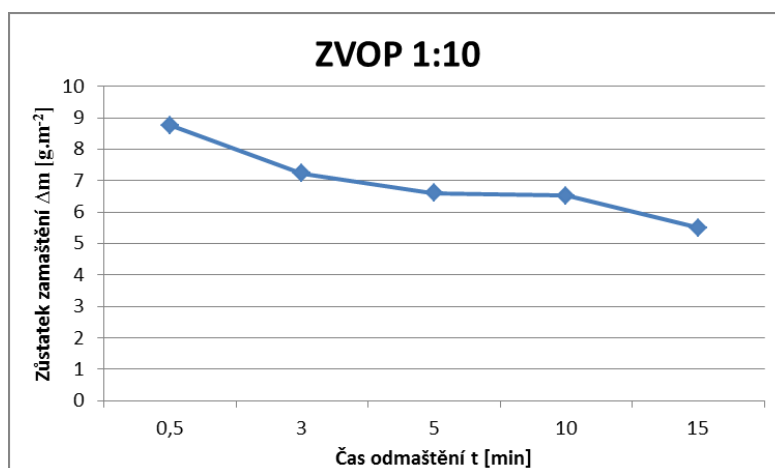
7.1.2 Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:10

Tabulka 11.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:10

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:10 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_o [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7097	19,8082	19,7559	0,0523	0,0052040	10,05005	9,66918
2	0,5	19,6918	19,7809	19,7449	0,036	0,0052100	6,90982	
3	0,5	20,2273	20,3307	20,266	0,0647	0,0053703	12,04768	
4	3	19,483	19,5699	19,5201	0,0498	0,0051805	9,61303	10,30498
5	3	19,6432	19,7288	19,6802	0,0486	0,0053246	9,12743	
6	3	20,232	20,3382	20,2728	0,0654	0,0053719	12,17449	
7	5	19,8024	19,8825	19,8392	0,0433	0,0052623	8,22827	9,34526
8	5	20,0583	20,1505	20,0953	0,0552	0,0053520	10,31395	
9	5	19,4927	19,5723	19,5232	0,0491	0,0051719	9,49357	
10	10	19,5087	19,5896	19,549	0,0406	0,0052094	7,79358	10,28773
11	10	20,0482	20,1434	20,084	0,0594	0,0053102	11,18599	
12	10	20,1485	20,2387	20,1755	0,0632	0,0053182	11,88361	
13	15	19,0376	19,1151	19,0688	0,0463	0,0050603	9,14968	10,12178
14	15	20,2065	20,2885	20,2356	0,0529	0,0053714	9,84844	
15	15	18,5299	18,6117	18,5547	0,057	0,0050144	11,36720	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:10 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_o [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7097	19,8082	19,7559	0,0462	0,0052040	8,87786	8,75871
2	0,5	19,6918	19,7809	19,7449	0,0531	0,0052100	10,19199	
3	0,5	20,2273	20,3307	20,266	0,0387	0,0053703	7,20626	
4	3	19,483	19,5699	19,5201	0,0371	0,0051805	7,16151	7,23516
5	3	19,6432	19,7288	19,6802	0,037	0,0053246	6,94886	
6	3	20,232	20,3382	20,2728	0,0408	0,0053719	7,59510	
7	5	19,8024	19,8825	19,8392	0,0368	0,0052623	6,99308	6,60121
8	5	20,0583	20,1505	20,0953	0,037	0,0053520	6,91334	
9	5	19,4927	19,5723	19,5232	0,0305	0,0051719	5,89723	
10	10	19,5087	19,5896	19,549	0,0403	0,0052094	7,73599	6,51819
11	10	20,0482	20,1434	20,084	0,0358	0,0053102	6,74173	
12	10	20,1485	20,2387	20,1755	0,027	0,0053182	5,07686	
13	15	19,0376	19,1151	19,0688	0,0312	0,0050603	6,16566	5,50966
14	15	20,2065	20,2885	20,2356	0,0291	0,0053714	5,41758	
15	15	18,5299	18,6117	18,5547	0,0248	0,0050144	4,94573	



Graf 7.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 8.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

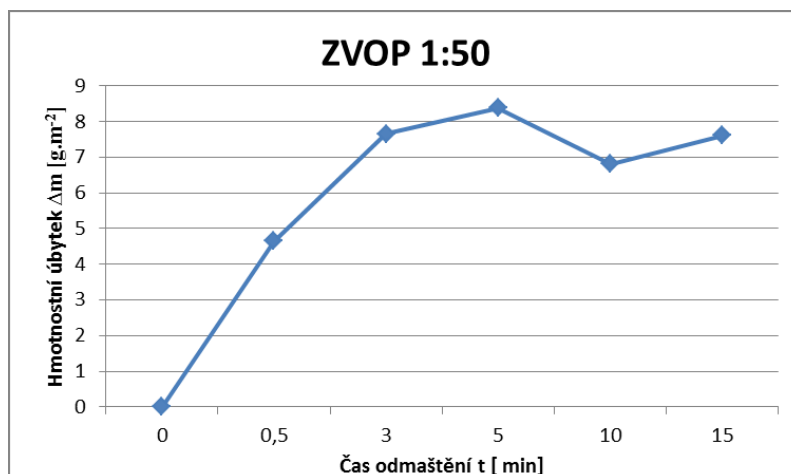
Tabulka 12.: Výsledky měření drsnosti, odmaštění koncentrace 1:10

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:10 -minerální olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,85	0,82	0,74	0,76	1,02	3,18	3,51	3,13	2,93	3,19
	2	0,60	0,71	0,72	0,86	1,14	3,14	3,36	3,45	3,77	4,20
	3	0,91	1,13	1,03	1,04	1,00	3,46	3,82	3,37	3,45	2,81
Příčný směr	4	0,88	0,76	0,91	0,76	0,73	3,37	3,03	3,28	3,16	3,51
	5	0,68	0,60	0,77	0,65	0,62	3,17	2,89	3,26	2,8	2,91
	6	0,83	0,93	0,84	0,97	0,70	3,06	3,15	3,34	3,77	3,45
Průměrná hodnota		0,79	0,83	0,84	0,84	0,87	3,23	3,29	3,31	3,31	3,35

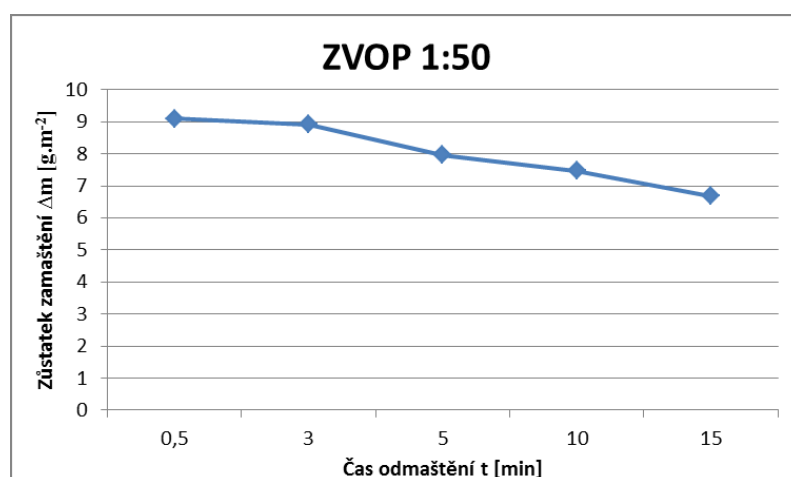
7.1.3 Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:50

Tabulka 13.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:50

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:50 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7099	19,7915	19,7761	0,0154	0,0052040	2,95929	4,64998
2	0,5	19,6912	19,7602	19,7237	0,0365	0,0052100	7,00579	
3	0,5	20,2273	20,2934	20,272	0,0214	0,0053703	3,98486	
4	3	19,4831	19,5629	19,5153	0,0476	0,0051805	9,18836	7,65476
5	3	19,6432	19,7532	19,7191	0,0341	0,0053246	6,40422	
6	3	20,235	20,3082	20,2686	0,0396	0,0053719	7,37171	
7	5	19,8024	19,9043	19,8491	0,0552	0,0052623	10,48962	8,37427
8	5	20,0585	20,1439	20,0958	0,0481	0,0053520	8,98734	
9	5	19,494	19,5648	19,5356	0,0292	0,0051719	5,64587	
10	10	19,5087	19,575	19,5403	0,0347	0,0052094	6,66101	6,81115
11	10	20,0483	20,1282	20,0983	0,0299	0,0053102	5,63066	
12	10	20,1486	20,2287	20,1854	0,0433	0,0053182	8,14178	
13	15	19,0376	19,1091	19,0702	0,0389	0,0050603	7,68732	7,60362
14	15	20,2069	20,2825	20,2379	0,0446	0,0053714	8,30323	
15	15	18,5294	18,6029	18,5687	0,0342	0,0050144	6,82032	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:50 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7099	19,7915	19,7761	0,0662	0,0052040	12,72109	9,09421
2	0,5	19,6912	19,7602	19,7237	0,0325	0,0052100	6,23804	
3	0,5	20,2273	20,2934	20,272	0,0447	0,0053703	8,32351	
4	3	19,4831	19,5629	19,5153	0,0322	0,0051805	6,21565	8,90833
5	3	19,6432	19,7532	19,7191	0,0759	0,0053246	14,25456	
6	3	20,235	20,3082	20,2686	0,0336	0,0053719	6,25478	
7	5	19,8024	19,9043	19,8491	0,0467	0,0052623	8,87437	7,96240
8	5	20,0585	20,1439	20,0958	0,0373	0,0053520	6,96939	
9	5	19,494	19,5648	19,5356	0,0416	0,0051719	8,04343	
10	10	19,5087	19,575	19,5403	0,0316	0,0052094	6,06594	7,46711
11	10	20,0483	20,1282	20,0983	0,05	0,0053102	9,41582	
12	10	20,1486	20,2287	20,1854	0,0368	0,0053182	6,91957	
13	15	19,0376	19,1091	19,0702	0,0326	0,0050603	6,44233	6,68367
14	15	20,2069	20,2825	20,2379	0,031	0,0053714	5,77130	
15	15	18,5294	18,6029	18,5687	0,0393	0,0050144	7,83738	



Graf 9.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 10.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

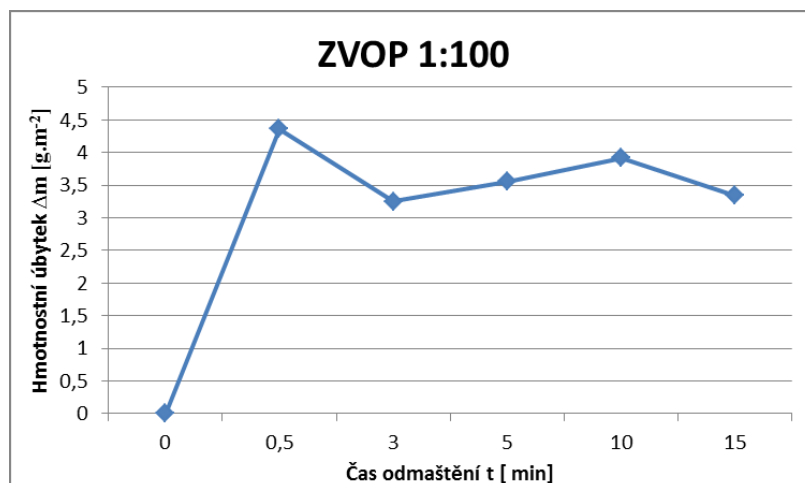
Tabulka 14.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:50

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:50 -minerální olej $\lambda_c = 0,8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μ m]					Rz[μ m]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,80	0,66	0,77	0,97	0,69	3,11	3,23	3,68	3,03	2,99
	2	0,87	0,71	0,81	0,74	1,10	3,28	3,18	3,15	3,34	3,09
	3	0,78	0,99	0,92	0,79	0,87	3,42	3,53	2,91	3,54	2,88
Příčný směr	4	0,68	0,75	0,89	0,80	0,62	2,63	2,84	4,01	3,30	3,48
	5	0,83	0,91	0,68	0,91	1,02	3,28	2,93	2,83	3,15	4,14
	6	0,71	0,74	0,76	0,72	0,76	3,51	3,59	2,92	3,29	3,24
Průměrná hodnota		0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	3,21	3,22	3,25	3,28	3,30

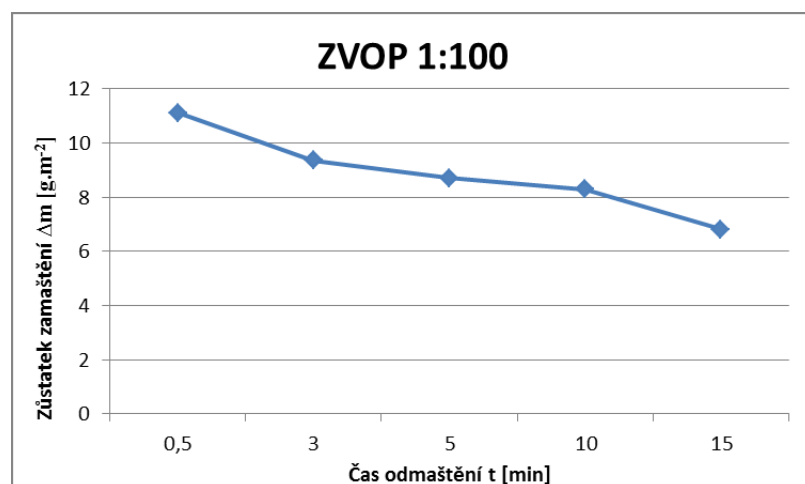
7.1.4 Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:100

Tabulka 15.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:100

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:100 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7096	19,8018	19,7606	0,0412	0,0052040	7,91705	4,35587
2	0,5	19,6915	19,7707	19,7525	0,0182	0,0052100	3,49330	
3	0,5	20,2273	20,2997	20,2908	0,0089	0,0053703	1,65725	
4	3	19,4835	19,5475	19,5224	0,0251	0,0051805	4,84512	3,24738
5	3	19,6432	19,7108	19,7101	0,0007	0,0053246	0,13146	
6	3	20,236	20,3045	20,2789	0,0256	0,0053719	4,76555	
7	5	19,8024	19,8675	19,8417	0,0258	0,0052623	4,90276	3,55511
8	5	20,0585	20,1152	20,0945	0,0207	0,0053520	3,86773	
9	5	19,4923	19,5637	19,5539	0,0098	0,0051719	1,89485	
10	10	19,5088	19,5684	19,5354	0,033	0,0052094	6,33468	3,91860
11	10	20,0483	20,1175	20,0971	0,0204	0,0053102	3,84165	
12	10	20,1486	20,2134	20,205	0,0084	0,0053182	1,57947	
13	15	19,0379	19,0858	19,0777	0,0081	0,0050603	1,60070	3,34002
14	15	20,2066	20,2688	20,245	0,0238	0,0053714	4,43087	
15	15	18,5295	18,5768	18,5568	0,02	0,0050144	3,98849	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:100 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7096	19,8018	19,7606	0,051	0,0052040	9,80024	11,11093
2	0,5	19,6915	19,7707	19,7525	0,061	0,0052100	11,70831	
3	0,5	20,2273	20,2997	20,2908	0,0635	0,0053703	11,82423	
4	3	19,4835	19,5475	19,5224	0,0389	0,0051805	7,50897	9,35310
5	3	19,6432	19,7108	19,7101	0,0669	0,0053246	12,56430	
6	3	20,236	20,3045	20,2789	0,0429	0,0053719	7,98602	
7	5	19,8024	19,8675	19,8417	0,0393	0,0052623	7,46815	8,70170
8	5	20,0585	20,1152	20,0945	0,036	0,0053520	6,72649	
9	5	19,4923	19,5637	19,5539	0,0616	0,0051719	11,91046	
10	10	19,5088	19,5684	19,5354	0,0266	0,0052094	5,10614	8,30032
11	10	20,0483	20,1175	20,0971	0,0488	0,0053102	9,18984	
12	10	20,1486	20,2134	20,205	0,0564	0,0053182	10,60499	
13	15	19,0379	19,0858	19,0777	0,0398	0,0050603	7,86517	6,81948
14	15	20,2066	20,2688	20,245	0,0384	0,0053714	7,14897	
15	15	18,5295	18,5768	18,5568	0,0273	0,0050144	5,44429	



Graf 11.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 12.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

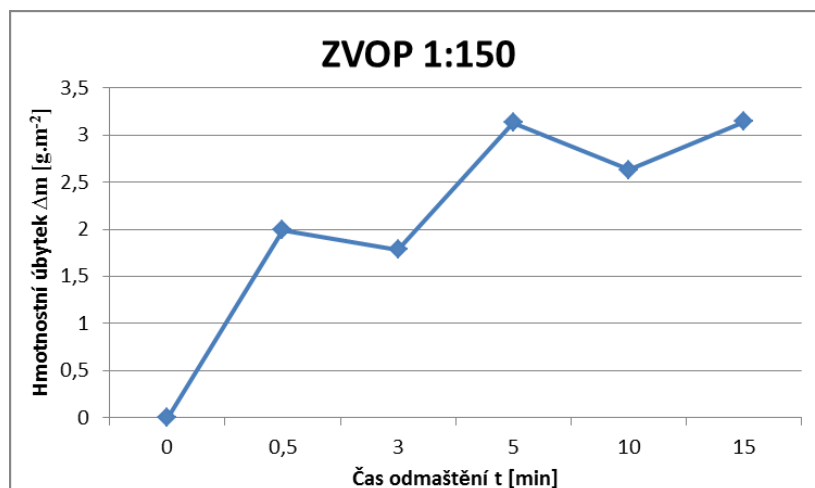
Tabulka 16.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:100

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:100 -minerální olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,86	0,88	0,73	0,71	0,96	3,18	3,30	3,09	3,27	3,16
	2	0,65	0,80	0,80	0,98	0,82	3,29	3,26	3,45	3,56	3,39
	3	0,77	0,72	0,88	0,74	0,73	3,01	3,12	3,15	3,08	3,32
Příčný směr	4	0,81	0,74	0,74	0,76	0,93	3,43	3,14	3,46	3,05	3,07
	5	0,66	0,81	0,78	0,88	0,70	2,99	3,21	3,21	3,30	3,50
	6	0,72	0,70	0,81	0,73	0,83	2,92	3,31	2,93	3,19	3,33
Průměrná hodnota		0,75	0,78	0,79	0,80	0,83	3,14	3,22	3,22	3,24	3,30

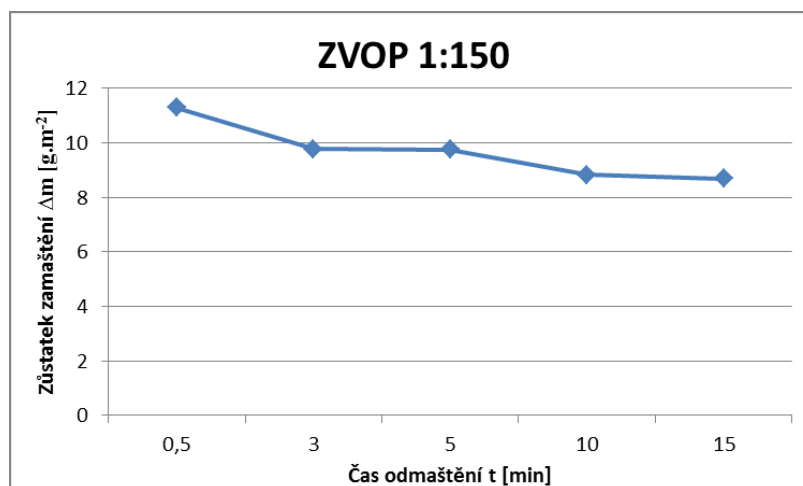
7.1.5 Odmaštění minerálního oleje v ZVOP 1:150

Tabulka 17.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:150

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:150 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7099	19,785	19,765	0,02	0,0052040	3,84323	1,98972
2	0,5	19,6915	19,7624	19,7521	0,0103	0,0052100	1,97698	
3	0,5	20,2271	20,2905	20,2897	0,0008	0,0053703	0,14897	
4	3	19,4834	19,5499	19,5385	0,0114	0,0051805	2,20057	1,78814
5	3	19,6432	19,6978	19,687	0,0108	0,0053246	2,02832	
6	3	20,236	20,2983	20,2922	0,0061	0,0053719	1,13554	
7	5	19,8023	19,8673	19,8468	0,0205	0,0052623	3,89560	3,13220
8	5	20,0585	20,1375	20,1182	0,0193	0,0053520	3,60615	
9	5	19,4926	19,5523	19,5425	0,0098	0,0051719	1,89485	
10	10	19,5086	19,5697	19,5549	0,0148	0,0052094	2,84101	2,62894
11	10	20,0484	20,1089	20,0858	0,0231	0,0053102	4,35011	
12	10	20,1489	20,2086	20,2049	0,0037	0,0053182	0,69572	
13	15	19,0376	19,1071	19,0909	0,0162	0,0050603	3,20140	3,14443
14	15	20,2069	20,2796	20,2668	0,0128	0,0053714	2,38299	
15	15	18,5296	18,5946	18,5753	0,0193	0,0050144	3,84889	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:150 -minerální olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
1	0,5	19,7099	19,785	19,765	0,0551	0,0052040	10,58810	11,29209
2	0,5	19,6915	19,7624	19,7521	0,0606	0,0052100	11,63154	
3	0,5	20,2271	20,2905	20,2897	0,0626	0,0053703	11,65664	
4	3	19,4834	19,5499	19,5385	0,0551	0,0051805	10,63610	9,77464
5	3	19,6432	19,6978	19,687	0,0438	0,0053246	8,22595	
6	3	20,236	20,2983	20,2922	0,0562	0,0053719	10,46187	
7	5	19,8023	19,8673	19,8468	0,0445	0,0052623	8,45631	9,75310
8	5	20,0585	20,1375	20,1182	0,0597	0,0053520	11,15476	
9	5	19,4926	19,5523	19,5425	0,0499	0,0051719	9,64825	
10	10	19,5086	19,5697	19,5549	0,0463	0,0052094	8,88775	8,82019
11	10	20,0484	20,1089	20,0858	0,0374	0,0053102	7,04303	
12	10	20,1489	20,2086	20,2049	0,056	0,0053182	10,52978	
13	15	19,0376	19,1071	19,0809	0,0433	0,0050603	8,55683	8,67654
14	15	20,2069	20,2796	20,2518	0,0449	0,0053714	8,35908	
15	15	18,5296	18,5946	18,5753	0,0457	0,0050144	9,11370	



Graf 13.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 14.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

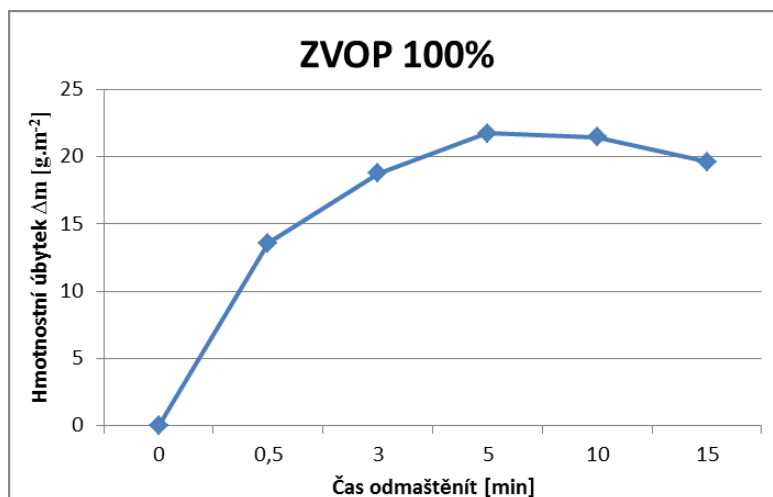
Tabulka 18.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:150

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:150 -minerální olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,89	0,87	0,82	0,75	0,78	3,33	3,33	2,93	2,94	2,76
	2	0,63	0,76	0,98	0,91	0,95	3,06	3,53	3,25	3,55	3,66
	3	0,68	0,77	0,78	1,01	0,69	3,02	2,69	3,52	3,26	3,34
Příčný směr	4	0,82	0,74	0,64	0,72	0,88	3,04	3,33	3,18	2,97	3,49
	5	0,84	0,65	0,75	0,77	0,82	3,22	2,71	3,06	3,47	2,68
	6	0,56	0,81	0,62	0,61	0,71	3,08	3,52	3,14	3,18	3,44
Průměrná hodnota		0,74	0,77	0,77	0,80	0,81	3,13	3,19	3,18	3,23	3,23

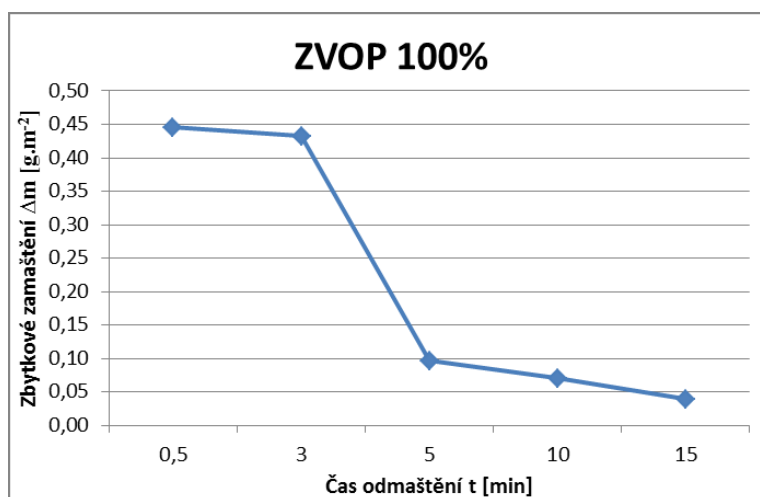
7.1.6 Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 100%

Tabulka 19.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 100%

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 100% - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8300	19,8965	19,8331	0,0634	0,0052547	12,06536	13,59209
17	0,5	19,0454	19,1201	19,0480	0,0721	0,0051776	13,92538	
18	0,5	19,9413	20,0210	19,9426	0,0784	0,0053025	14,78553	
19	3	19,7074	19,7972	19,7075	0,0897	0,0052361	17,13114	18,75874
20	3	19,9902	20,0910	19,9919	0,0991	0,0053009	18,69476	
21	3	20,7679	20,8864	20,7732	0,1132	0,0055354	20,45030	
22	5	19,4627	19,5667	19,4629	0,1038	0,0051702	20,07661	21,73248
23	5	19,5335	19,6413	19,5335	0,1078	0,0052138	20,67571	
24	5	19,3978	19,5239	19,3981	0,1258	0,0051462	24,44511	
25	10	19,4650	19,5864	19,4656	0,1208	0,0051575	23,42228	21,46149
26	10	19,7229	19,8386	19,7229	0,1157	0,0052212	22,15964	
27	10	19,4342	19,5354	19,4347	0,1007	0,0053557	18,80256	
28	15	19,4938	19,5993	19,4938	0,1055	0,0051583	20,45261	19,60138
29	15	19,5035	19,6006	19,5036	0,0970	0,0051693	18,76468	
30	15	19,5380	19,6398	19,5385	0,1013	0,0051718	19,58686	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění při odmaštění ZVOP 100% - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8300	19,8965	19,8331	0,0031	0,0052547	0,58995	0,44576
17	0,5	19,0454	19,1201	19,0480	0,0026	0,0051776	0,50216	
18	0,5	19,9413	20,0210	19,9426	0,0013	0,0053025	0,24517	
19	3	19,7074	19,7972	19,7075	0,0001	0,0052361	0,01910	0,43242
20	3	19,9902	20,0910	19,9919	0,0017	0,0053009	0,32070	
21	3	20,7679	20,8864	20,7732	0,0053	0,0055354	0,95748	
22	5	19,4627	19,5667	19,4629	0,0002	0,0051702	0,03868	0,09626
23	5	19,5335	19,6413	19,5345	0,0010	0,0052138	0,19180	
24	5	19,3978	19,5239	19,3981	0,0003	0,0051462	0,05830	
25	10	19,4650	19,5864	19,4656	0,0006	0,0051575	0,11634	0,06990
26	10	19,7229	19,8386	19,7229	0,0000	0,0052212	0,00000	
27	10	19,4342	19,5354	19,4347	0,0005	0,0053557	0,09336	
28	15	19,4938	19,5993	19,4938	0,0000	0,0051583	0,00000	0,03867
29	15	19,5035	19,6006	19,5036	0,0001	0,0051693	0,01935	
30	15	19,5380	19,6398	19,5385	0,0005	0,0051718	0,09668	



Graf 15.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 16.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

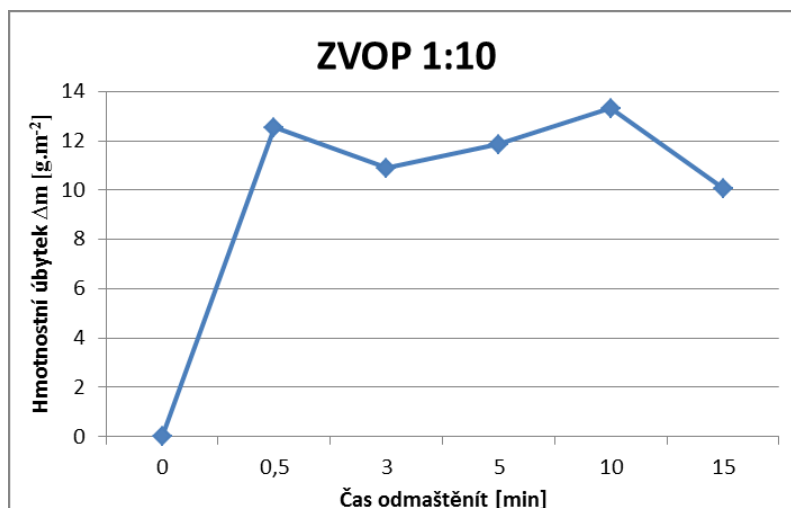
Tabulka 20.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 100%

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 100% - řepkový olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,97	1,01	0,98	0,86	0,73	3,69	3,64	3,61	3,13	3,14
	2	1,06	0,90	1,18	1,06	1,30	3,64	3,52	3,88	3,55	3,98
	3	0,94	1,32	0,87	1,12	1,15	3,41	3,82	3,21	3,97	3,56
Příčný směr	4	0,85	0,88	0,92	0,81	0,85	3,61	3,46	3,54	3,36	3,29
	5	1,14	0,79	1,08	0,85	1,08	3,59	3,02	3,58	3,44	3,87
	6	0,82	0,85	0,88	1,05	0,85	3,41	3,83	3,42	3,86	3,45
Průměrná hodnota		0,96	0,96	0,99	0,96	0,99	3,56	3,55	3,54	3,55	3,55

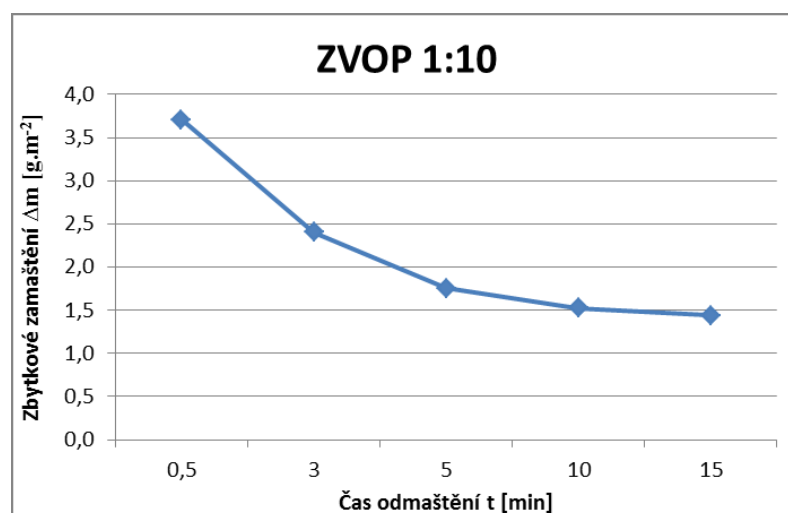
7.1.7 Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:10

Tabulka 21.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:10

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:10 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\varnothing m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8302	19,9392	19,8450	0,0942	0,0052547	17,92676	12,53560
17	0,5	19,0453	19,1127	19,0649	0,0478	0,0051776	9,23208	
18	0,5	19,9412	20,0206	19,9652	0,0554	0,0053025	10,44794	
19	3	19,7071	19,7817	19,7213	0,0604	0,0052361	11,53535	10,90656
20	3	19,9903	20,0593	20,0036	0,0557	0,0053009	10,50755	
21	3	20,7674	20,8375	20,7784	0,0591	0,0055354	10,67679	
22	5	19,4626	19,5431	19,4722	0,0709	0,0051702	13,71321	11,85054
23	5	19,5333	19,5977	19,5426	0,0551	0,0052138	10,56801	
24	5	19,3974	19,4637	19,4057	0,0580	0,0051462	11,27040	
25	10	19,4652	19,5427	19,4717	0,0710	0,0051575	13,76641	13,31369
26	10	19,7228	19,8081	19,7350	0,0731	0,0052212	14,00060	
27	10	19,4343	19,5047	19,4395	0,0652	0,0053557	12,17405	
28	15	19,4937	19,5566	19,5034	0,0532	0,0051583	10,31354	10,07161
29	15	19,5032	19,5630	19,5098	0,0532	0,0051693	10,29156	
30	15	19,5381	19,5938	19,5441	0,0497	0,0051718	9,60974	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:10 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\varnothing m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8302	19,9111	19,8450	0,0148	0,0052547	2,81652	3,70941
17	0,5	19,0453	19,1490	19,0649	0,0196	0,0051776	3,78554	
18	0,5	19,9412	20,0440	19,9652	0,0240	0,0053025	4,52618	
19	3	19,7071	19,7657	19,7213	0,0142	0,0052361	2,71195	2,40272
20	3	19,9903	20,0880	20,0036	0,0133	0,0053009	2,50898	
21	3	20,7674	20,8581	20,7784	0,0110	0,0055354	1,98722	
22	5	19,4626	19,5373	19,4722	0,0096	0,0051702	1,85680	1,75111
23	5	19,5333	19,5876	19,5426	0,0093	0,0052138	1,78371	
24	5	19,3974	19,4717	19,4057	0,0083	0,0051462	1,61283	
25	10	19,4652	19,5310	19,4717	0,0065	0,0051575	1,26030	1,52262
26	10	19,7228	19,7716	19,7350	0,0122	0,0052212	2,33663	
27	10	19,4343	19,4891	19,4395	0,0052	0,0053557	0,97094	
28	15	19,4937	19,5484	19,5034	0,0097	0,0051583	1,88048	1,43913
29	15	19,5032	19,5668	19,5098	0,0066	0,0051693	1,27677	
30	15	19,5381	19,6011	19,5441	0,0060	0,0051718	1,16013	



Graf 17.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 18.: Průběh hmotnostního úbytku v čase

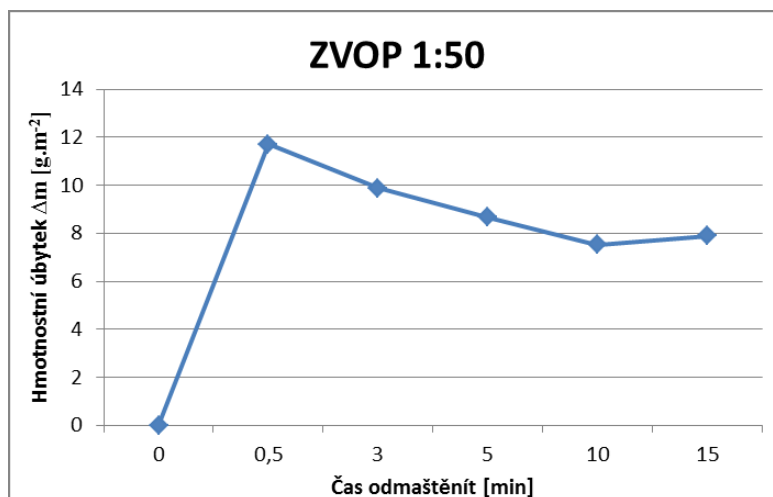
Tabulka 22.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:10

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:10 - řepkový olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,96	0,92	1,02	0,78	1,04	3,37	3,49	3,63	3,17	3,25
	2	0,71	0,81	0,88	0,97	1,12	3,33	3,24	3,45	3,71	4,56
	3	1,02	1,23	0,95	1,15	1,08	3,65	3,88	3,57	3,79	2,97
Příčný směr	4	0,99	0,86	0,74	0,87	0,81	3,56	3,21	3,32	3,30	4,15
	5	0,79	0,70	0,94	0,77	0,79	3,36	3,47	3,36	3,04	2,97
	6	0,94	1,03	1,14	1,17	0,84	3,25	3,53	3,64	4,01	3,17
Průměrná hodnota		0,90	0,93	0,95	0,95	0,95	3,42	3,47	3,50	3,50	3,51

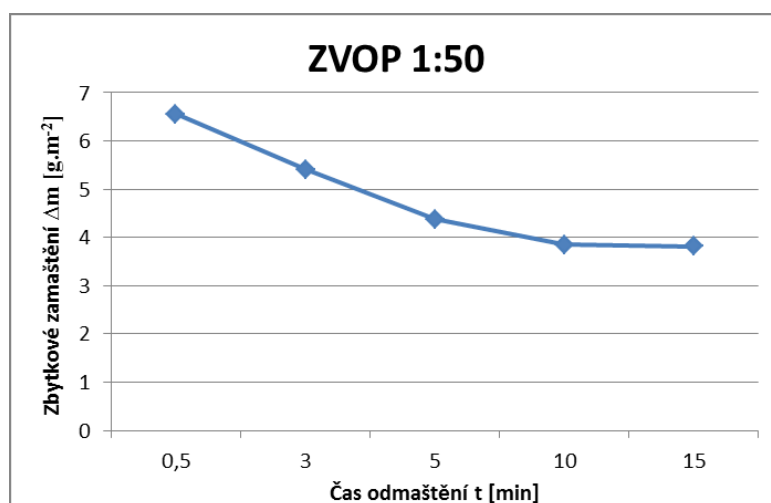
7.1.8 Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:50

Tabulka 23.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:50

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:50 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8301	19,9111	19,8664	0,0447	0,0052547	8,50665	11,72155
17	0,5	19,0455	19,1490	19,0763	0,0727	0,0051776	14,04126	
18	0,5	19,9410	20,0440	19,9771	0,0669	0,0053025	12,61674	
19	3	19,7072	19,7657	19,7307	0,0350	0,0052361	6,68439	9,88577
20	3	19,9905	20,0880	20,0142	0,0738	0,0053009	13,92203	
21	3	20,7678	20,8581	20,8080	0,0501	0,0055354	9,05088	
22	5	19,4628	19,5373	19,4818	0,0555	0,0051702	10,73460	8,66101
23	5	19,5339	19,5876	19,5623	0,0253	0,0052138	4,85246	
24	5	19,3975	19,4717	19,4182	0,0535	0,0051462	10,39597	
25	10	19,4650	19,5310	19,4831	0,0479	0,0051575	9,28748	7,53369
26	10	19,7231	19,7716	19,7443	0,0273	0,0052212	5,22868	
27	10	19,4345	19,4991	19,4558	0,0433	0,0053557	8,08491	
28	15	19,4938	19,5484	19,5183	0,0301	0,0051583	5,83529	7,88906
29	15	19,5033	19,5668	19,5190	0,0478	0,0051693	9,24692	
30	15	19,5378	19,6011	19,5567	0,0444	0,0051718	8,58496	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění SGE 1:50 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8301	19,9128	19,8664	0,0363	0,0052547	6,90808	6,55497
17	0,5	19,0455	19,1226	19,0763	0,0308	0,0051776	5,94870	
18	0,5	19,9410	20,0169	19,9771	0,0361	0,0053025	6,80814	
19	3	19,7072	19,7683	19,7307	0,0235	0,0052361	4,48809	5,40713
20	3	19,9905	20,0489	20,0142	0,0237	0,0053009	4,47090	
21	3	20,7678	20,8534	20,8080	0,0402	0,0055354	7,26239	
22	5	19,4628	19,5170	19,4818	0,0190	0,0051702	3,67491	4,38144
23	5	19,5339	19,5967	19,5623	0,0284	0,0052138	5,44703	
24	5	19,3975	19,4549	19,4182	0,0207	0,0051462	4,02237	
25	10	19,4650	19,5261	19,4831	0,0181	0,0051575	3,50946	3,84898
26	10	19,7231	19,7859	19,7443	0,0212	0,0052212	4,06037	
27	10	19,4345	19,4991	19,4558	0,0213	0,0053557	3,97711	
28	15	19,4938	19,5548	19,5183	0,0245	0,0051583	4,74966	3,81375
29	15	19,5033	19,5626	19,5190	0,0157	0,0051693	3,03717	
30	15	19,5378	19,5928	19,5567	0,0189	0,0051718	3,65441	



Graf 19.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 20.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

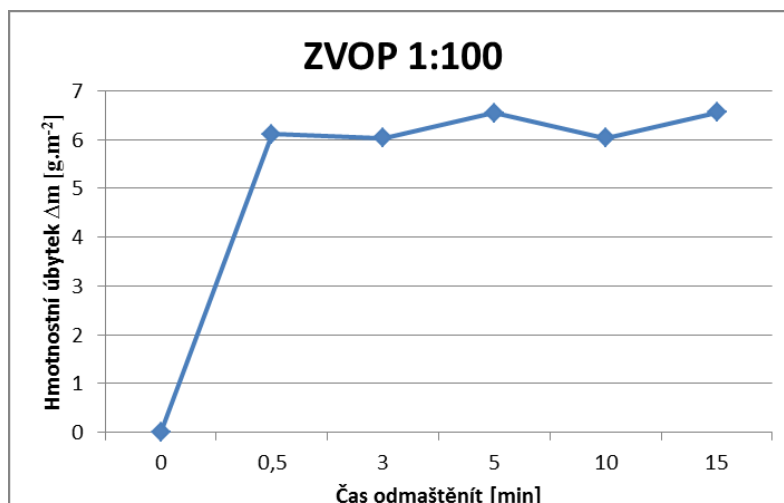
Tabulka 24.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:50

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:50 - řepkový olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,89	0,83	0,97	1,04	0,87	3,41	3,36	3,85	3,68	3,11
	2	0,92	0,76	0,80	0,87	0,93	3,34	3,30	3,06	3,48	3,81
	3	0,84	0,99	0,95	0,90	0,96	3,24	3,44	3,39	3,17	3,32
Příčný směr	4	0,73	0,82	0,78	0,70	1,03	3,28	3,24	3,15	3,44	3,60
	5	0,87	0,96	0,82	0,85	0,91	3,39	3,46	3,24	3,25	3,26
	6	0,78	0,82	1,03	1,02	0,69	3,28	3,28	3,62	3,48	3,36
Průměrná hodnota		0,84	0,86	0,89	0,90	0,90	3,32	3,35	3,39	3,42	3,41

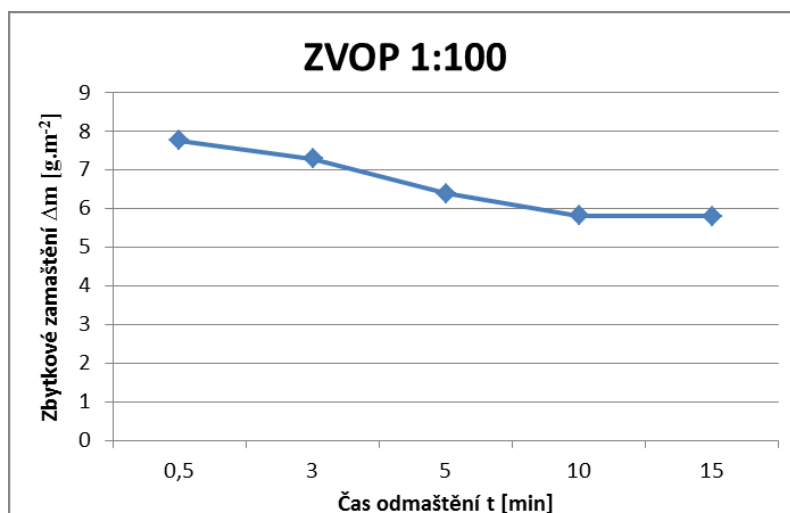
7.1.9 Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:100

Tabulka 25.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:100

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:100 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8305	19,9319	19,8740	0,0579	0,0052547	11,01868	6,11098
17	0,5	19,0455	19,1017	19,0775	0,0242	0,0051776	4,67398	
18	0,5	19,9414	20,0022	19,9882	0,0140	0,0053025	2,64027	
19	3	19,7073	19,7923	19,7419	0,0504	0,0052361	9,62553	6,02591
20	3	19,9904	20,0504	20,0281	0,0223	0,0053009	4,20679	
21	3	20,7678	20,8366	20,8131	0,0235	0,0055354	4,24542	
22	5	19,4625	19,5471	19,4892	0,0579	0,0051702	11,19880	6,54215
23	5	19,5336	19,5928	19,5674	0,0254	0,0052138	4,87164	
24	5	19,3973	19,4544	19,4361	0,0183	0,0051462	3,55601	
25	10	19,4652	19,5372	19,4801	0,0571	0,0051575	11,07129	6,02516
26	10	19,7230	19,7794	19,7634	0,0160	0,0052212	3,06443	
27	10	19,4341	19,4917	19,4706	0,0211	0,0053557	3,93976	
28	15	19,4937	19,5664	19,5224	0,0440	0,0051583	8,53000	6,55016
29	15	19,5036	19,5623	19,5354	0,0269	0,0051693	5,20381	
30	15	19,5381	19,5983	19,5677	0,0306	0,0051718	5,91666	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění ZVOP 1:100 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8305	19,9319	19,8740	0,0435	0,0052547	8,27828	7,76160
17	0,5	19,0455	19,1017	19,0775	0,0320	0,0051776	6,18047	
18	0,5	19,9414	20,0022	19,9882	0,0468	0,0053025	8,82606	
19	3	19,7073	19,7923	19,7419	0,0346	0,0052361	6,60800	7,30122
20	3	19,9904	20,0504	20,0281	0,0377	0,0053009	7,11193	
21	3	20,7678	20,8366	20,8131	0,0453	0,0055354	8,18373	
22	5	19,4625	19,5471	19,4892	0,0267	0,0051702	5,16421	6,39549
23	5	19,5336	19,5928	19,5674	0,0338	0,0052138	6,48274	
24	5	19,3973	19,4544	19,4361	0,0388	0,0051462	7,53951	
25	10	19,4652	19,5372	19,4801	0,0149	0,0051575	2,88901	5,81397
26	10	19,7230	19,7794	19,7634	0,0404	0,0052212	7,73768	
27	10	19,4341	19,4917	19,4706	0,0365	0,0053557	6,81523	
28	15	19,4937	19,5664	19,5224	0,0287	0,0051583	5,56388	5,81297
29	15	19,5036	19,5623	19,5354	0,0318	0,0051693	6,15172	
30	15	19,5381	19,5983	19,5677	0,0296	0,0051718	5,72331	



Graf 21.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 22.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

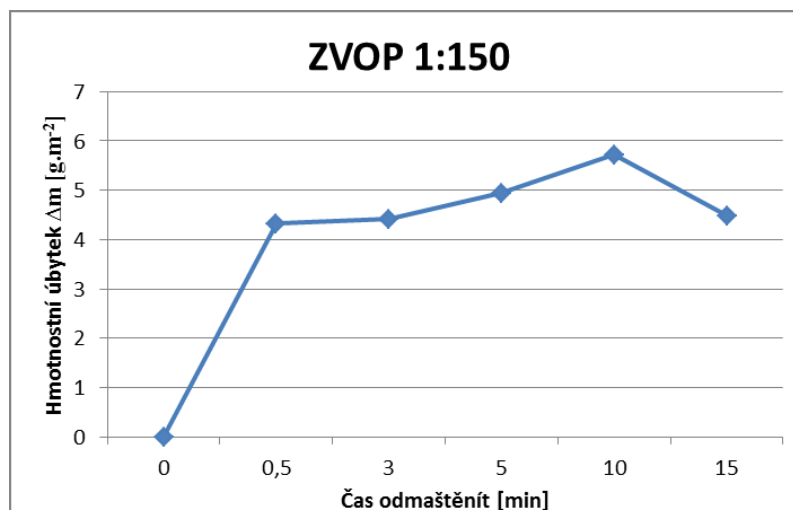
Tabulka 26.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:100

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:100 - řepkový olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,89	0,84	1,03	0,80	0,91	3,25	3,31	3,50	3,40	3,38
	2	0,68	0,91	0,87	0,97	0,80	3,30	3,08	3,14	3,39	3,41
	3	0,93	0,90	0,93	0,86	0,94	3,61	3,43	3,35	3,41	3,23
Příčný směr	4	0,94	0,82	0,76	0,75	1,02	3,35	3,31	3,56	3,33	3,41
	5	0,63	0,77	0,69	0,97	0,72	2,96	3,18	2,88	2,98	3,28
	6	0,78	0,66	0,73	0,82	0,75	3,06	3,29	3,51	3,46	3,34
Průměrná hodnota		0,81	0,82	0,84	0,86	0,86	3,26	3,27	3,32	3,33	3,34

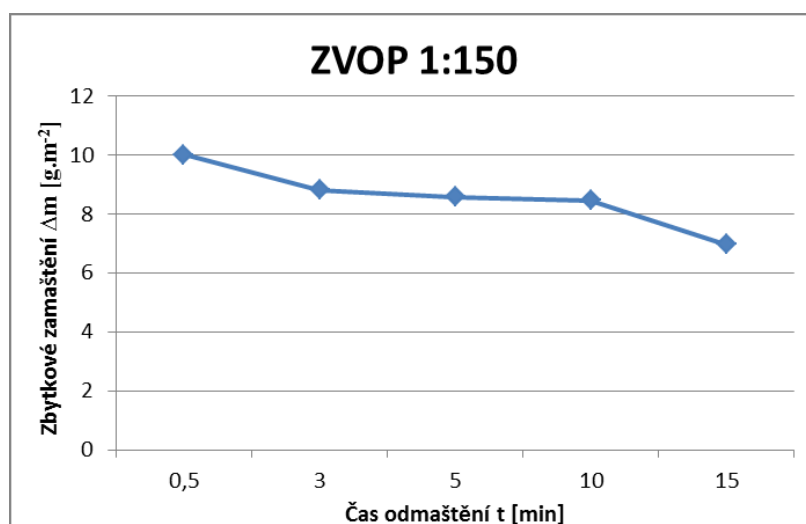
7.1.10 Odmaštění řepkového oleje v ZVOP 1:150

Tabulka 27.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:150

Vzo rek č.	T [min]	Hmotnostní úbytek při odmaštění ZVOP 1:150 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8298	19,9092	19,8881	0,0211	0,0052547	4,01544	4,32809
17	0,5	19,0454	19,1127	19,0979	0,0148	0,0051776	2,85847	
18	0,5	19,9415	20,0206	19,9882	0,0324	0,0053025	6,11035	
19	3	19,7075	19,7817	19,7372	0,0445	0,0052361	8,49873	4,40876
20	3	19,9905	20,0593	20,0487	0,0106	0,0053009	1,99964	
21	3	20,7679	20,8375	20,8224	0,0151	0,0055354	2,72791	
22	5	19,4628	19,5431	19,5083	0,0348	0,0051702	6,73089	4,93971
23	5	19,5337	19,5977	19,5687	0,0290	0,0052138	5,56211	
24	5	19,3979	19,4637	19,4507	0,0130	0,0051462	2,52612	
25	10	19,4652	19,5327	19,4914	0,0413	0,0051575	8,00778	5,71801
26	10	19,7227	19,8081	19,7660	0,0421	0,0052212	8,06327	
27	10	19,4344	19,5047	19,4989	0,0058	0,0053557	1,08297	
28	15	19,4940	19,5566	19,5310	0,0256	0,0051583	4,96291	4,47808
29	15	19,5036	19,5630	19,5380	0,0250	0,0051693	4,83626	
30	15	19,5383	19,5938	19,5750	0,0188	0,0051718	3,63507	
Vzo rek č.	T [min]	Zbytkové zamaštění SGE 1:150 - řepkový olej PH 9,32 t=21,0 °C						
		m_0 [g]	m_t [g]	m_i [g]	Δm_u [g]	S[m ²]	m_u [g · m ⁻²]	$\emptyset m_u$ [g · m ⁻²]
16	0,5	19,8298	19,9092	19,8881	0,0583	0,0052547	11,09480	10,01395
17	0,5	19,0454	19,1127	19,0979	0,0525	0,0051776	10,13984	
18	0,5	19,9415	20,0206	19,9882	0,0467	0,0053025	8,80720	
19	3	19,7075	19,7817	19,7372	0,0297	0,0052361	5,67218	8,83237
20	3	19,9905	20,0593	20,0487	0,0582	0,0053009	10,97916	
21	3	20,7679	20,8375	20,8224	0,0545	0,0055354	9,84577	
22	5	19,4628	19,5431	19,5083	0,0455	0,0051702	8,80044	8,59109
23	5	19,5337	19,5977	19,5687	0,0350	0,0052138	6,71289	
24	5	19,3979	19,4637	19,4507	0,0528	0,0051462	10,25995	
25	10	19,4652	19,5327	19,4914	0,0262	0,0051575	5,08000	8,47215
26	10	19,7227	19,8081	19,7660	0,0433	0,0052212	8,29311	
27	10	19,4344	19,5047	19,4989	0,0645	0,0053557	12,04335	
28	15	19,4940	19,5566	19,5310	0,0370	0,0051583	7,17295	6,97459
29	15	19,5036	19,5630	19,5380	0,0344	0,0051693	6,65469	
30	15	19,5383	19,5938	19,5750	0,0367	0,0051718	7,09613	



Graf 23.: Průběh hmotnostního úbytku v čase



Graf 24.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

Tabulka 28.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:150

		Drsnost po odmaštění v ZVOP 1:150 - řepkový olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
		Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odmaštění		0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.		1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Podélný směr	1	0,70	0,80	0,92	0,87	0,58	3,14	3,31	3,29	3,25	2,79
	2	0,91	0,96	0,75	0,67	0,93	3,32	3,49	3,56	2,83	2,51
	3	0,69	0,69	0,78	1,00	1,12	3,05	3,22	2,97	3,68	4,10
Příčný směr	4	0,90	0,74	0,76	0,71	0,75	3,29	3,13	3,22	2,96	3,62
	5	0,76	0,90	0,82	0,66	0,88	3,21	3,50	3,26	3,14	4,02
	6	0,56	0,70	0,69	0,85	0,69	2,99	2,69	3,10	3,56	2,71
Průměrná hodnota		0,75	0,80	0,79	0,79	0,83	3,17	3,22	3,23	3,24	3,29

7.2. Výsledky měření pomocí povrchového napětí

Všechny vzorky byly podrobeny testování povrchového napětí pomocí testovacích inkoustů, vzhledem velkému zbytkovému zamaštění. Byl výsledek porušení linky stejný, proto jsem vybral fotografie na kterých je nejlépe vidět porušená nakreslená linka inkoustem 36mN/m , jenž signalizuje nevhodný stupeň zamaštění.



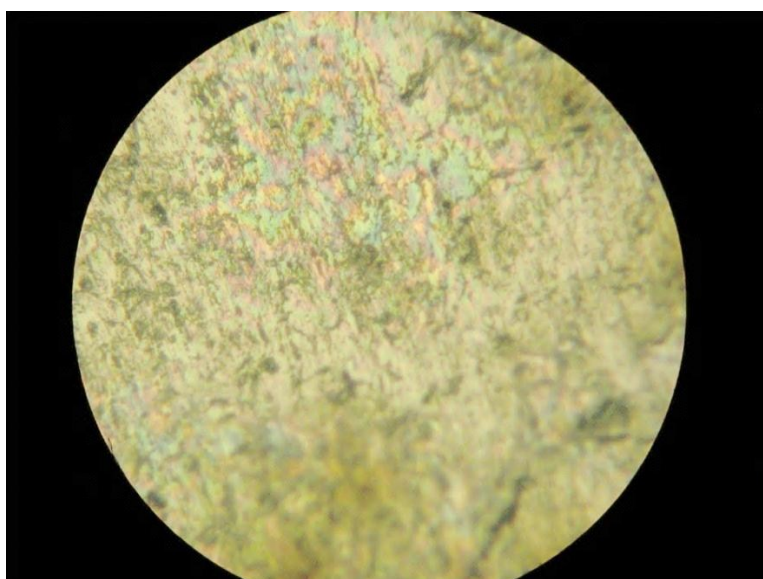
Obrázek 3.: Vzorek má velké zbytkové zamaštění



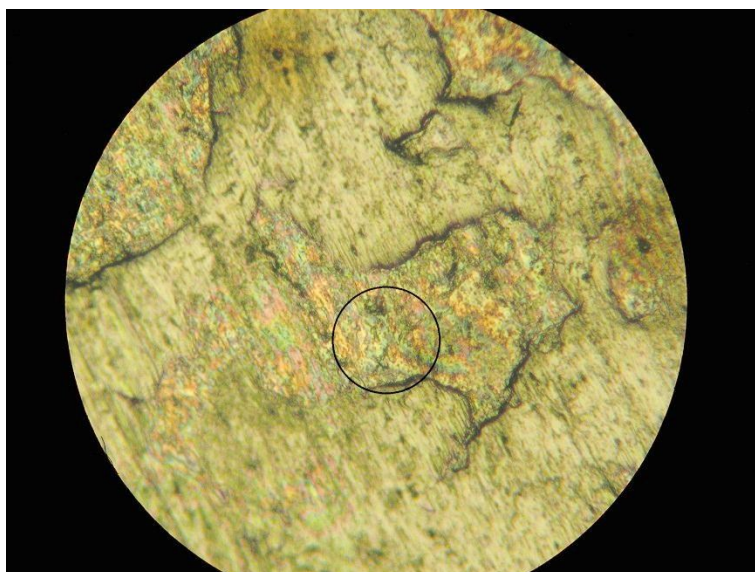
Obrázek 4.: Nejlépe odmaštěný vzorek

7.3. Výsledky měření pomocí Makrosnímku

Na metalografickém snímku č. 6 jsou v označeném kroužku vidět znečištění hloubkového charakteru a to buď prachem, korozí nebo chemického produkty. Na identifikaci nečistoty, je nutné použít elektronový mikroskop.



Obrázek 5.: Makrosnímek zvětšení 200x



Obrázek 6.: Makrosnímek zvětšeno 200x

8 Vyhodnocení experimentálních zkoušek

Vyhodnocení experimentálních prací spočívá ve zjištění, s jakou koncentrací a časem, dosáhneme pomocí odmašťovacího přípravku ZVOP, nejlepších výsledků čistoty povrchu. Ty byly zjišťovány, pomocí těchto metod:

- Hmotnostního úbytku
- Drsnosti
- Povrchového napětí
- Makrosnímek

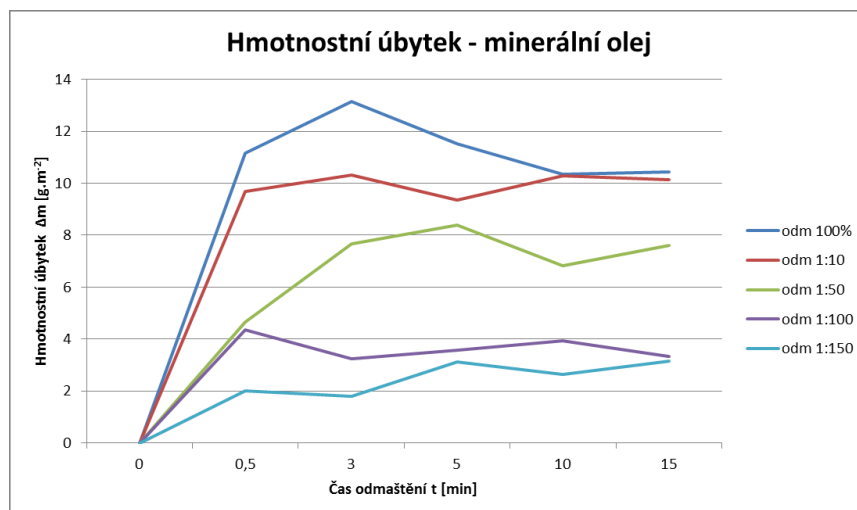
8.1 Hodnocení čistoty pomocí metody hmotnostního úbytku

Hmotnostní úbytek - minerální olej.

Průměrné hodnoty z měření hmotnostního úbytku minerálního oleje jsou zapsány do tabulky č. 29 a zobrazeny grafem č. 25

Tabulka 29.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku - minerální olej

Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění v ZVOP minerální olej					
Čas odmaštění [min]	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12	13, 14, 15
Odmaštění v lázni 100%	11,15890	13,14951	11,51968	10,35008	10,44556
Odmaštění v lázni 1:10	9,66918	10,30498	9,34526	10,28773	10,12178
Odmaštění v lázni 1:50	4,64742	7,65476	8,37427	6,81115	7,60362
Odmaštění v lázni 1:100	4,35587	3,24738	3,55511	3,91860	3,34002
Odmaštění v lázni 1:150	1,98972	1,78814	3,13220	2,62894	3,14443



Graf 25.: Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění

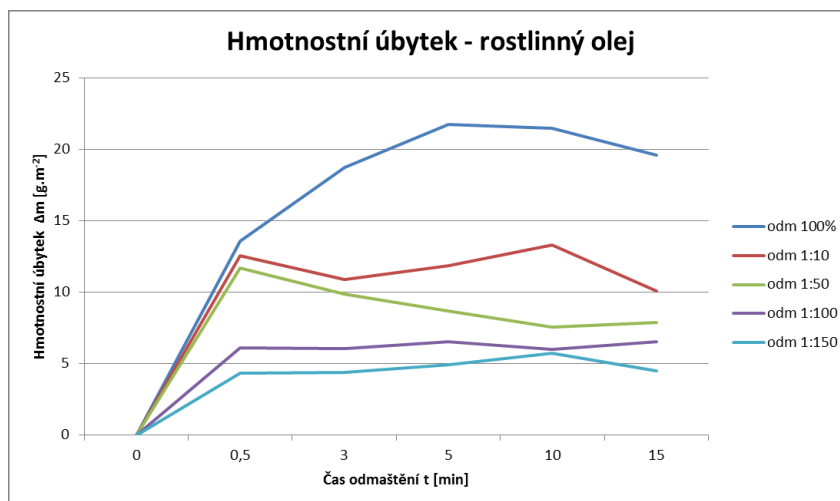
Z tabulky č. 29 a grafu č. 25 je patrné, jaká lázeň a v jakém čase měla největší váhové úbytky zamaštění. Můžeme tedy určit, v jakém čase byla nejvyšší efektivita odmaštění.

Hmotnostní úbytek - rostlinný olej.

Průměrné hodnoty z měření hmotnostního úbytku rostlinného oleje jsou zapsány do tabulky č. 30 a zobrazeny grafem č. 26.

Tabulka 30.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku – rostlinný olej

Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění v ZVOP rostlinný olej					
Čas odmaštění [min]	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	16, 17, 18	19, 20, 21	22, 23, 24	25, 26, 27	28, 29, 30
Odmaštění v lázni 100%	13,59209	18,75874	21,73248	21,46149	19,60138
Odmaštění v lázni 1:10	12,53560	10,90656	11,85054	13,31369	10,07161
Odmaštění v lázni 1:50	11,72155	9,88577	8,66101	7,53369	7,88906
Odmaštění v lázni 1:100	6,11098	6,02591	6,54215	6,02516	6,55016
Odmaštění v lázni 1:150	4,32809	4,40876	4,93971	5,71801	4,47808



Graf 26.: Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění

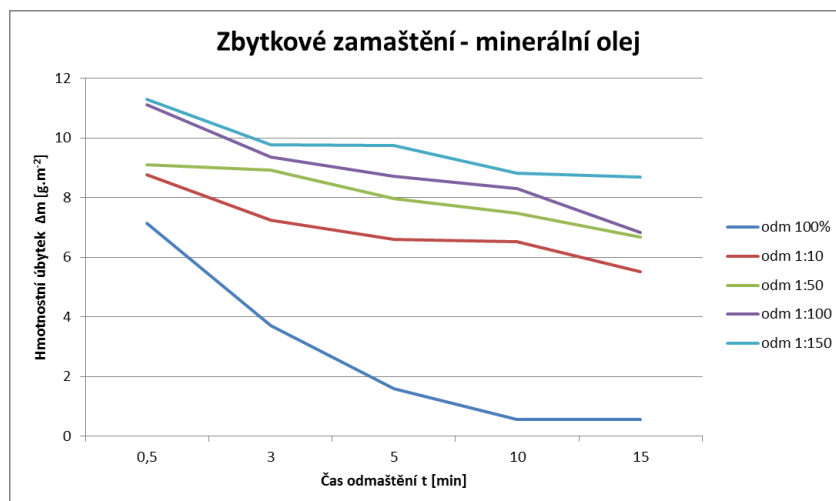
Z tabulky č. 30 a grafu č. 26 je patrné, jaká lázeň a v jakém čase měla největší váhové úbytky zamaštění. Můžeme tedy určit, v jakém čase byla nejvyšší efektivita odmaštění. Dále můžeme porovnáním údajů z tabulky č.29 a grafu č. 25 zjistit, že rostlinný olej má při dané koncentraci vyšší váhové úbytky než olej minerální.

Zbytkové zamaštění - minerální olej

Průměrné hodnoty z měření zbytkového zamaštění minerálním olejem, jsou zapsány do tabulky č. 31 a zobrazeny grafem č. 27

Tabulka 31.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku - minerální olej

Průměrné zbytkové zamaštění po odmaštění v ZVOP minerální olej					
Čas odmaštění [min]	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12	13, 14, 15
Odmaštění v lázni 100%	7,13901	3,70211	1,58371	0,55922	0,55700
Odmaštění v lázni 1.10	8,75871	7,23516	6,60121	6,51819	5,50966
Odmaštění v lázni 1:50	9,09485	8,90833	7,96240	7,46711	6,68367
Odmaštění v lázni 1:100	11,11093	9,35310	8,70170	8,30032	6,81948
Odmaštění v lázni 1:150	11,29209	9,77464	9,75310	8,82019	8,67654



Graf 27.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

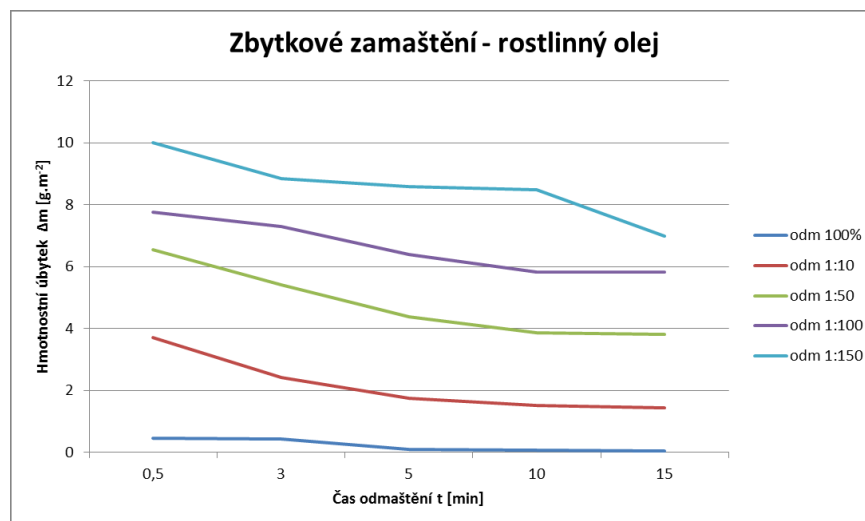
Z tabulky č. 31 a grafu č. 27 je patrné, jaká lázeň a v jakém čase, měla nejmenší zbytkové zamaštění odmašťovaných vzorků.

Zbytkové zamaštění - rostlinný olej

Průměrné hodnoty z měření zbytkového zamaštění rostlinným olejem, jsou zapsány do tabulky č. 32 a zobrazeny grafem č. 28

Tabulka 32.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku – rostlinný olej

Průměrné zbytkové zamaštění po odmaštění v ZVOP rostlinný olej					
Čas odmaštění [min]	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	16, 17, 18	19, 20, 21	22, 23, 24	25, 26, 27	28, 29, 30
Odmaštění v lázni 100%	0,44576	0,43242	0,09626	0,06990	0,03867
Odmaštění v lázni 1:10	3,70941	2,40272	1,75111	1,52262	1,43913
Odmaštění v lázni 1:50	6,55497	5,40713	4,38144	3,84898	3,81375
Odmaštění v lázni 1:100	7,76160	7,30122	6,39549	5,81397	5,81297
Odmaštění v lázni 1:150	10,01395	8,83237	8,59109	8,47215	6,97459



Graf 28.: Průběh zbytkového zamaštění v čase

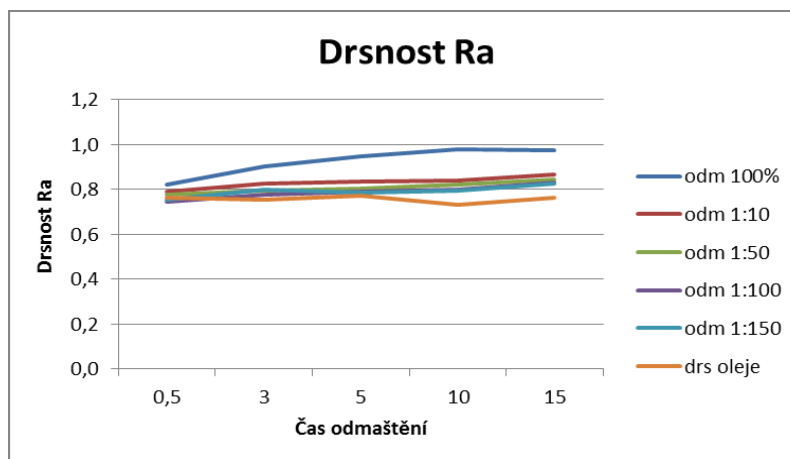
Z tabulky č. 32 a grafu č. 28 je patrné, jaká lázeň a v jakém čase měla největší váhové úbytky zamaštění. Můžeme tedy určit, v jakém čase byla nejvyšší efektivita odmaštění. Dále můžeme porovnáním údajů z tabulky č. 31 a grafu č. 27 zjistit, že rostlinný olej má při dané koncentraci nižší zbytkové zamaštění, než olej minerální.

8.2 Změna drsnosti v závislosti na čistotě povrchu

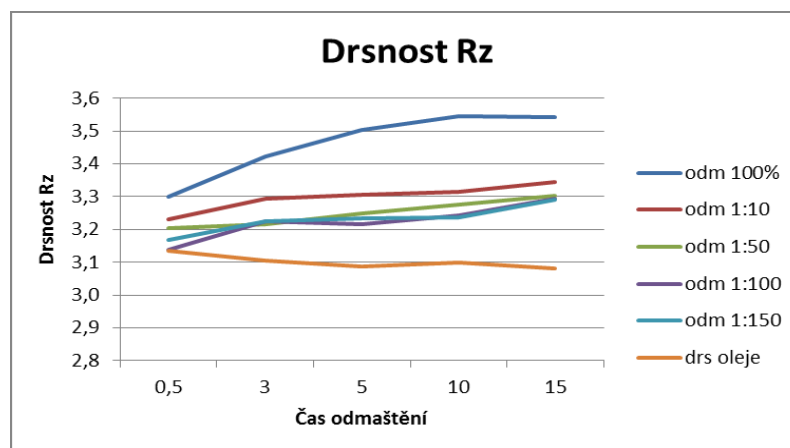
Průměrné hodnoty drsnosti vzorků zamaštěných minerálním olejem, jsou zapsány tabulce č. 33 a zobrazeny v grafu č. 29 a č. 30

Tabulka 33.: Průměrné hodnoty drsnosti - minerální olej

	Průměrná drsnost po odmaštění v ZVOP -minerální olej $\lambda_c = 0,8, l = 4$ [mm]									
	Ra[μm]					Rz[μm]				
Čas odm. [min]	0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Neodmaštěn	0,72	0,74	0,73	0,72	0,73	3,14	3,11	3,09	3,10	3,08
Odm. v lázni 100%	0,82	0,90	0,95	0,98	0,97	3,30	3,42	3,50	3,55	3,54
Odm. v lázni 1:10	0,79	0,83	0,84	0,84	0,87	3,23	3,29	3,31	3,31	3,35
Odm. v lázni 1:50	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	3,21	3,22	3,25	3,28	3,30
Odm. v lázni 1:100	0,75	0,78	0,79	0,80	0,83	3,14	3,22	3,22	3,24	3,30
Odm. v lázni 1:150	0,74	0,77	0,77	0,80	0,81	3,13	3,19	3,18	3,23	3,23



Graf 29.: Průběh drsnosti Ra v čase

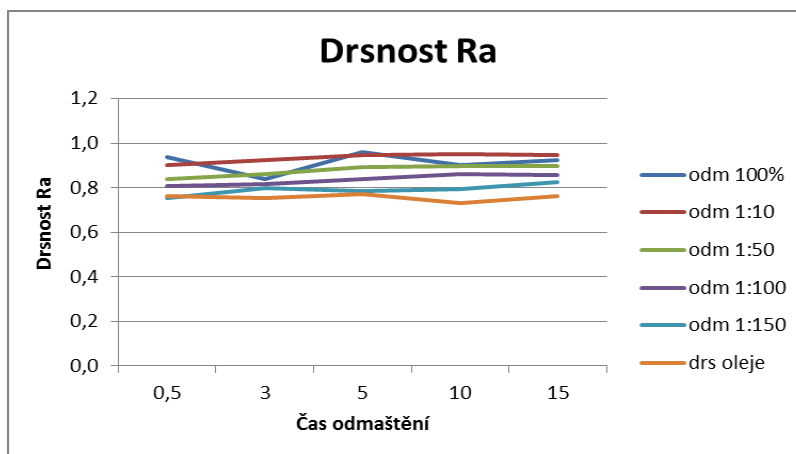


Graf 30.: Průběh drsnosti Rz v čase

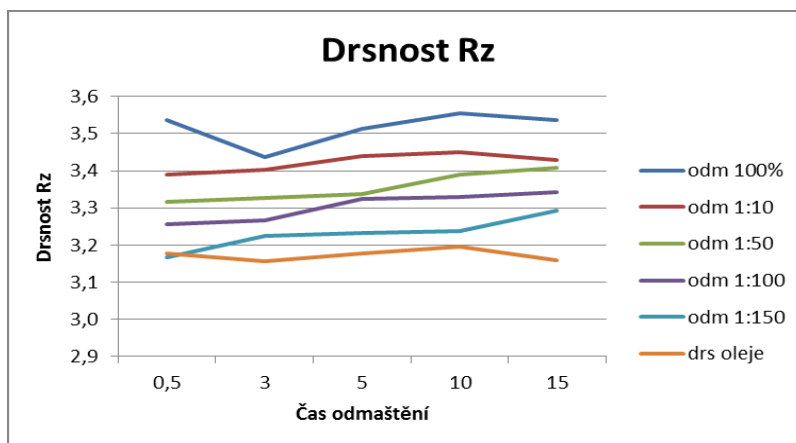
Průměrné hodnoty drsnosti vzorků zamaštěných rostlinným olejem, jsou zapsány v tabulce č. 34 a zobrazeny v grafu č. 31 a č. 32

Tabulka 34.: Průměrné hodnoty drsnosti - minerální olej

	Průměrná drsnost po odmaštění v ZVOP–rostlinný olej $\lambda_c = 0.8, l = 4$ [mm]									
	Ra[μ m]					Rz[μ m]				
Čas odm. [min]	0,5	3	5	10	15	0,5	3	5	10	15
Vzorek č.	1	4	7	10	13	1	4	7	10	13
Neodmaštěn	0,76	0,75	0,77	0,73	0,77	3,18	3,16	3,18	3,20	3,16
Odm. v lázni 100%	0,96	0,96	0,99	0,96	0,99	3,56	3,55	3,54	3,55	3,55
Odm. v lázni 1:10	0,90	0,93	0,95	0,95	0,95	3,42	3,47	3,50	3,50	3,51
Odm. v lázni 1:50	0,84	0,86	0,89	0,90	0,90	3,32	3,35	3,39	3,42	3,41
Odm. v lázni 1:100	0,81	0,82	0,84	0,86	0,86	3,26	3,27	3,32	3,33	3,34
Odm. v lázni 1:150	0,75	0,80	0,79	0,79	0,83	3,17	3,22	3,23	3,24	3,29



Graf 31.: Průběh drsnosti Ra v čase



Graf 32.: Průběh drsnosti Rz v čase

Z naměřených výsledků drsnosti je patrné, že výsledek drsnosti je na kvalitě odmaštění závislý a hodnota drsnosti Ra, i Rz stoupá s klesajícím množstvím zamaštění.

8.3 Hodnocení čistoty pomocí metody povrchového napětí

Z pořízených fotografií č. 3 až č. 4 je patrné, že odmaštění všech vzorků bylo nedostatečné, a před nanášením povlaku by bylo nutné provést další stupeň odmaštění.

8.4 Hodnocení čistoty pomocí metalografie

U všech odmaštěných vzorků 1-30, jsem provedl metalografickou analýzu, pomocí mikroskopu Neophod 2, na kterém jsem zjišťoval znečištění povrchu pomocí 200 násobného zvětšení. Nejzajímavější snímky jsou uvedeny, Na obrázku č. 5 je vzorek, který je minimálně znečištěn. Na obrázku č. 6, se ve vyznačeném poli nachází rýha (prohlubeň), která pravděpodobně obsahuje nečistoty pevného charakteru. Mohou to být prachové částice, koroze, nebo pozůstatky nedokonalého odmaštění. Stanovení charakteru těchto nečistot, by byla nutná SEM analýza.

8.5 Vyhodnocení zaprášenosti vzorků

V tabulce č. 35 jsou průměrné hodnoty zaprášení změřené před a po odmaštění. S tabulky je zřejmé že čistota povrchu testovaného vzorku č. 1 se po odmaštění, výrazně zvýšila.

Tabulka 35.: Průměrné hodnoty zaprášenosti vzorku

Hodnoty z měření zaprášenosti		
Zkouška vzorku č. 1	Zkouška před odmaštěním	Zkouška po odmaštění
Hodnocení	3	1
Rozdíl	2	
Velikosti prachových částic		
Zkouška vzorku č. 1	Zkouška před odmaštěním	Zkouška po odmaštění
Hodnocení	2	1
Rozdíl	1	

11 ZÁVĚR

Ve své Diplomové práci se zabývám studiem čistoty po odmaštění povrchu materiálu. Tato práce je rozdělena do dvou základních částí, a to do části teoretické a experimentální.

Úkolem teoretické části, bylo prostudovat vlastnosti povrchu znečištěného materiálu, popsat principy, metody a prostředky odmaštění a nastínit možnosti dalších zkušebních metod, pro hodnocení čistoty odmašťovaného povrchu. V první části, jsem popsal vlastnosti znečištěného povrchu a princip zakotvení nečistot. V další části, jsem se věnoval odmašťovacím prostředkům a jejich vlastnostem. Posledním úkolem teoretické části, bylo prostudování a návrh experimentálních prací.

Experimentální část se zabývá praktickým čištěním povrchu odmaštěním. V této části je popsán způsob metodiky experimentální práce a její následné vyhodnocení. Práce je zaměřena na odmaštění vzorků od dvou druhů olejů, v různých koncentracích odmašťovacího přípravku ZVOP. Testovaný materiál, na kterém bylo odmašťování testováno, je vzorek neznámého původu, zapůjčený VŠB o rozměrech asi 50 x 50 x 1 mm z oceli. U těchto vzorků bylo před aplikací oleje, provedeno označení, stanovení drsnosti, hodnocení zaprášení a zvážení. Po aplikaci oleje, byla znovu změřena váha a drsnost vzorků a následovalo odmaštění v různě koncentrovaných odmašťovacích lázních. Poté byly vzorky opět zváženy, bylo provedeno měření drsnosti a povrch byl otestován na povrchové napětí pomocí testovacích inkoustů. Posledním hodnocením byl krystalografický snímek odmaštěného vzorku. Testovaný odmašťující prostředek, vykazoval při odmaštění rostlinného oleje, lepší odmašťující výsledky, než při odmašťování minerálního oleje.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, Miroslav: *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8
- [3] PAVELKOVÁ, Daniela: *Konzervační schopnost povlaků aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu* Ostrava: VŠB- TU Ostrava Fakulta trojní, 2013. 159 s.
- [4] FILIPOVÁ, M: *Studium vlivu povrchové úpravy podkladového materiálu na vlastnosti aplikovaných povlaků: doktorská disertace*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava Fakulta strojní, 2006. 150 s.
- [5] *Kapalné odmašťovací přípravky* [online]. [cit. 2018-04-16]. URL: <http://www.pragochema.cz/?start=2&lan=cz&vyr=Kapalne-odmastovaci-pripravky>
- [6] *Kapalné odmašťovací přípravky* [online]. [cit. 2018-04-16]. URL: <http://everstar.cz/prumyslove-cistení-odmastovani/2/>
- [7] SIMPLE GREEN. *produkty* [online]. [cit. 2018-05-2]. URL: <http://simplegreen.cz/produkty/>
- [8] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [9] MaB CALIBR, *Měřidla drsnosti povrchu* [online]. [cit. 2018-04-20]. URL: <http://www.mbcaltbr.cz/prodej-produkt-735-pristroj-na-mereni-drsnosti-povrchu-surfest-sj-301.html>

-
- [10] GUZANOVÁ, A. BREZINOVA, J.: Hodnotenie kvality povrchov v procese omasťovania. Transfer Inovácií. Technická univerzita Košice, Fakulta strojná, Katedra technologie a materiálov [online]. [cit. 2018-04-22]. URL: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/27-2013/pdf/019-022.pdf>
- [11] Arcotest – *Fixi a inkousty* [online]. [cit. 2018-04-22]. URL: <http://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>
- [12] GAPA VÁHY, Laboratorní váhy [online]. [cit. 2017-04-20]. URL: <http://www.gapa-vahy.cz/produkty-analyticka-vaha-ohaus-pioneer-plus-pa214cm-2-detail-18328/>.

13 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.: Schéma emulgace mastnoty	14
Obrázek 2.: Znázornění olejové kapky v tenzidovém odmašťovacím prostředku	15
Obrázek 3.: Vzorek má velké zbytkové zamaštění	65
Obrázek 4.: Nejlépe odmaštěný vzorek	65
Obrázek 5.: Makrosnímek zvětšení 200x	66
Obrázek 6.: Makrosnímek zvětšeno 200x.....	66

14 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.: Přehled odmašťovacích přípravků [1]	17
Tabulka 2.: Parametry drsnosti vzorku – podélný směr	37
Tabulka 3.: Parametry drsnosti vzorku – příčný směr	38
Tabulka 4.: Referenční tabulka zaprášenosti. [6]	38
Tabulka 5.: Referenční tabulka: Třídy velikosti prachových částic [6].....	39
Tabulka 6.: Zkouška zaprášenosti vzorků před odmaštěním.....	39
Tabulka 7.: Zkouška zaprášenosti vzorků po odmaštění.	40
Tabulka 8.: Tabulka s rozměry vzorků	41
Tabulka 9.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 100%	45
Tabulka 10.: Výsledky měření drsnosti, odmaštění - koncentrace 1:100.....	46
Tabulka 11.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:10.....	47
Tabulka 12.: Výsledky měření drsnosti, odmaštění koncentrace 1:10	48
Tabulka 13.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:50.....	49
Tabulka 14.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:50.....	50
Tabulka 15.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:100.....	51
Tabulka 16.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:100.....	52
Tabulka 17.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:150.....	53
Tabulka 18.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:150.....	54
Tabulka 19.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 100%	55
Tabulka 20.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 100%.....	56
Tabulka 21.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:10.....	57
Tabulka 22.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:10.....	58
Tabulka 23.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:50.....	59
Tabulka 24.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:50.....	60
Tabulka 25.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:100.....	61
Tabulka 26.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:100.....	62
Tabulka 27.: Výsledky odmaštění ZVOP koncentrace 1:150.....	63
Tabulka 28.: Výsledky měření drsnosti odmaštění - koncentrace 1:150.....	64
Tabulka 29.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku - minerální olej.....	67
Tabulka 30.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku – rostlinný olej	68
Tabulka 31.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku - minerální olej.....	69

Tabulka 32.: Průměrné hodnoty hmotnostního úbytku – rostlinný olej	70
Tabulka 33.: Průměrné hodnoty drsnosti - minerální olej	71
Tabulka 34.: Průměrné hodnoty drsnosti - minerální olej	72
Tabulka 35.: Průměrné hodnoty zaprášenosti vzorku.....	74

14 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1.: Odmašťování v závislosti na teplotě [1].....	16
Graf 2.: Stupeň odmašťování při stříkání [1].....	16
Graf 3.: Bod varu směsi trichloretylénu a minerálního oleje [1].....	19
Graf 4.: Bod varu směsi tetrachloretylénu a minerálního oleje [1]	20
Graf 5.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	46
Graf 6.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	46
Graf 7.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	48
Graf 8.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	48
Graf 9.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	50
Graf 10.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	50
Graf 11.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	52
Graf 12.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	52
Graf 13.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	54
Graf 14.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	54
Graf 15.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	56
Graf 16.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	56
Graf 17.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	58
Graf 18.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	58
Graf 19.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	60
Graf 20.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	60
Graf 21.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	62
Graf 22.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	62
Graf 23.: Průběh hmotnostního úbytku v čase.....	64
Graf 24.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	64
Graf 25.: Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění	68
Graf 26.: Průměrný hmotnostní úbytek po odmaštění	69
Graf 27.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	70
Graf 28.: Průběh zbytkového zamaštění v čase	71
Graf 29.: Průběh drsnosti Ra v čase.....	72
Graf 30.: Průběh drsnosti Rz v čase.....	72
Graf 31.: Průběh drsnosti Ra v čase.....	73

Graf 32.: Průběh drsnosti Rz v čase.....	73
--	----

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli s mojí diplomovou prací.

Zdeněk Jurásek